

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-276726

(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/66

(21)Application number : 11-077741

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 23.03.1999

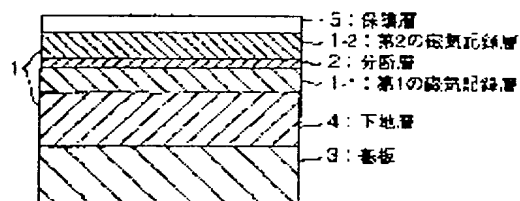
(72)Inventor : AKIMOTO HIDEYUKI  
YOSHIDA YUKI  
SATO KENJI  
OKAMOTO IWAO

## (54) MAGNETIC MEMORY MEDIUM

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic memory medium which is capable of recording information with a high recording density and reproducing this information with high signal quality (high S/N) and in which a long life of the information can be achieved.

SOLUTION: This magnetic memory medium has a plurality of magnetic layers 1.1 and 1.2 on a nonmagnetic substrate 3 and an antiferromagnetic parting layer 2 which is interposed between these magnetic layers 1.1 and 1.2 and parts the plural magnetic layers 1.1 and 1.2 from each other. Since an exchange interaction mutually acts between the magnetization of the ferromagnetic material constituting the plural magnetic layers 1.1 and 1.2 and the magnetization of the antiferromagnetic material constituting the parting layer 2 parting the magnetic layers 1.1 and 1.2, the magnetic information recorded on these magnetic layers 1.1 and 1.2 is stable against thermal fluctuations and is maintained for a long period of time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-276726

(P 2 0 0 0 - 2 7 6 7 2 6 A)

(43) 公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>

G11B 5/66

識別記号

F I

G11B 5/66

テームコード (参考)

5D006

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願平11-77741

(22) 出願日 平成11年3月23日 (1999.3.23)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 秋元 秀行

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 吉田 祐樹

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100094330

弁理士 山田 正紀

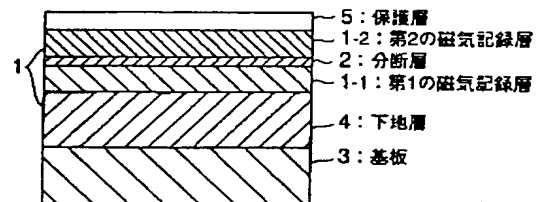
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 高記録密度で情報を記録し、かつその情報を高い信号品質 (高S/N<sub>s</sub>) で再生することが可能であるとともに、情報の長寿命化が図られた磁気記憶媒体を提供する。

【解決手段】 非磁性の基板3上に複数の磁気記録層とこれらの磁気記録層どうしの間に介在してこれらの複数の磁気記録層を相互に分断する反強磁性の分断層2とを有し、これらの複数の磁気記録層を構成する強磁性材料の磁化とそれら磁気記録層を分断する分断層2を構成する反強磁性材料の磁化との間には互いに交換相互作用が働くので、これらの磁気記録層に記録された磁気情報は熱揺らぎに対して安定であり長期間保持される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非磁性の基体と、複数の強磁性の磁気記録層と、これらの複数の磁気記録層どうしの間に介在してこれら複数の磁気記録層を相互に分断する、反強磁性の分断層とを有することを特徴とする磁気記憶媒体。

【請求項 2】 前記分断層が体心立方構造を有する材料からなり、前記複数の磁気記録層それぞれが、六方晶の結晶構造を有するとともに一軸結晶磁気異方性を有する材料からなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 3】 前記磁気記録層が、Co に、Cr、Pt、および Ta のうちの 1 種類以上の元素が添加された、強磁性の合金からなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 4】 前記分断層が、Cr に、Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加された合金からなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 5】 前記分断層が、Cr に、5 at % 以上 80 at % 以下の濃度の Mn が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 4 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 6】 前記分断層が、Cr に、2 at % 以上 18 at % 以下の濃度の Ru が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 4 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 7】 前記分断層が、Cr に、2 at % 以上 14 at % 以下の濃度の Re が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 4 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 8】 前記分断層が、Cr に、Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加され、さらに Mo および W のうちの 1 種類以上が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 4 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 9】 前記分断層が、Cr に、Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加され、さらに Pt および Rh のうち 1 種類以上の元素が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 4 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 10】 前記分断層が、Cr に、Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加された、400 K 以上のネール温度を有する合金からなる層であることを特徴とする請求項 4 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 11】 前記基体に隣接して、体心立方構造を有する材料からなる非磁性層と体心立方構造を有する材料からなる反強磁性層とのうちの少なくとも 1 層からなる下地層を有し、前記複数の磁気記録層のうちの最下層の磁気記録層が該下地層に隣接して形成されてなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 12】 前記下地層が、前記非磁性層を有し、該非磁性層が、Cr を含み、さらに Cr 中に Mo あるいは W が添加された材料からなる層であることを特徴とする請求項 11 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 13】 前記下地層が、前記反強磁性層を有し、該反強磁性層が、Cr を含み、さらに Cr 中に Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加された合金からなることを特徴とする請求項 11 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 14】 前記下地層が、前記反強磁性層を有し、該反強磁性層が、Cr を含み、さらに Cr 中に 5 at % 以上 80 at % 以下の濃度の Mn が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 13 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 15】 前記下地層が、前記反強磁性層を有し、該反強磁性層が、Cr を含み、さらに Cr 中に 2 at % 以上 18 at % 以下の濃度の Ru が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 13 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 16】 前記下地層が、前記反強磁性層を有し、該反強磁性層が、Cr を含み、さらに Cr 中に 2 at % 以上 14 at % 以下の濃度の Re が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 13 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 17】 前記下地層が、前記反強磁性層を有し、該反強磁性層が、Cr を含み、さらに Cr 中に Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加され、さらに Mo および W のうちの 1 種類以上の元素が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 13 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 18】 前記下地層が、前記反強磁性層を有し、該反強磁性層が、Cr を含み、さらに Cr 中に Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加され、さらに Pt および Rh のうち 1 種類以上の元素が添加された合金からなる層であることを特徴とする請求項 13 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 19】 前記下地層が、前記反強磁性層を有し、該反強磁性層が、Cr を含み、さらに Cr 中に Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加された、400 K 以上のネール温度を有する合金からなる層であることを特徴とする請求項 13 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 20】 前記磁気記録層のうちの最上層に隣接してカーボンを含む保護層を有することを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 21】 前記磁気記録層が、該磁気記録層の残留磁束密度  $B_r$  と該磁気記録層の厚さの総和  $t$  との積  $B_r \cdot t$  が  $20 \text{ Gauss} \cdot \mu\text{m}$  以上  $100 \text{ Gauss} \cdot \mu\text{m}$  以下となるものであることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 22】 前記基体がディスク状の基体であるとともに、前記複数の磁気記録層が、それらの磁気記録層それぞれを構成する材料の一軸結晶磁気異方性の方向が該ディスク状の基体の円周方向に揃うものであることを

特徴とする請求項 2 記載の磁気記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報の記録再生を行うための磁気ディスク装置に好適な磁気記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】情報処理装置で扱われる記録情報の増加に伴って、この情報処理装置の外部記憶装置として使用される磁気記憶装置は、コンパクトであるとともにますます記憶容量の大きなものが要求されている。そのため磁気記憶装置には、高い記録密度で記録することが自在な磁気記憶媒体が必要とされる。

【0003】一般に、磁気記憶媒体は磁気情報が記録される磁気記録層を有し、1ビットの磁気情報は、その磁気記録層の1ビットセル内に存在する複数の強磁性結晶粒子の各々の磁化の集合からなる全磁化の方向によって示される。これらの強磁性結晶粒子の各々の磁化は、磁気情報が記録された状態ではほぼ1方向に揃う。しかし、隣りの1ビットセルの磁化がこの方向と逆の方向に揃っている場合には、それらの隣り合う1ビットセルどうしの境界を境にして磁化の方向が急峻に変化するのではなく、その境界付近のある幅を経由して磁化の方向が反転する。その幅を有する領域は、互いに逆方向を向く磁化がジグザグに入り交じっており、磁化遷移領域と呼ばれる。磁気記憶媒体の磁気記録層に高い記録密度で記録された磁気情報が良好に再生されるためには、この磁化遷移領域の幅が小さくなくてはならない。

【0004】この磁化遷移領域の幅は、磁気記憶媒体の磁気記録層が厚さに関して薄いほど狭くなることが知られている。そのため、従来、磁気記録層を薄くする試みがなされ、上記磁気記録層を非磁性の層で分割してなる多層の磁気記録層を有する磁気記憶媒体等が提案されている。

【0005】しかし、従来の磁気記憶媒体では、高い記録密度で磁気情報が記録されるほど、その記録された磁気情報の再生信号に対する  $S/N_r$  が低下すること（再生信号の出力  $S$  に対して媒体ノイズ  $N_r$  が増大すること）が知られている。

【0006】この媒体ノイズが発生する原因の1つは、上記強磁性結晶粒子の粒子サイズのばらつきにある。再生出力は1ビットセル内の強磁性結晶粒子の体積の総和に比例すると考えられる。そのため、1ビットセル内の平均粒子サイズが大きくなるとその粒子サイズのばらつきも大きくなり、結果として再生出力のばらつきが大きくなって媒体ノイズも増大する。したがって、磁気記憶媒体の磁気記録層において強磁性結晶粒子の粒子サイズがより小さくなるよう調整されることで、この磁気記憶媒体の媒体ノイズ  $N_r$  はさらに低減されて、 $S/N_r$  が向上すると考えられる。

【0007】このように、磁気記録層が薄く磁気記録層中の強磁性結晶粒子の粒子サイズが小さいほど、磁気情報を表す信号が高い  $S/N_r$  で再生される。例えば、磁気記録層の厚さが10nm程度、粒子サイズが磁気記録層の面内方向に8nm～10nm程度まで微細化されることにより、10Gbit/inch<sup>2</sup>程度の高い記録密度で記録された磁気情報を表す信号であっても高い  $S/N_r$  で再生されると考えられている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このように磁気記録層の厚さとともに強磁性結晶粒子の粒子サイズを小さくするほど、その粒子の磁化の所定方向への向き易さを示す異方性エネルギー  $K_u \cdot V$ （磁気異方性エネルギー  $\times$  粒子の体積）が小さくなる。この異方性エネルギー  $K_u \cdot V$  が小さくなると熱の影響で磁化の方向が揺らぐ熱揺らぎ現象が生ずる。この熱揺らぎ現象の振る舞いは、エネルギー  $K_u \cdot V$  の熱エネルギー  $k_B \cdot T$ （ボルツマン定数  $\times$  絶対温度）に対する比により決定され、従来の磁気記憶媒体の磁気記録層の厚さと粒子サイズが上述した値をとるとき、その比は、室温（ $T=300K$ ）で40～100程度の小さな値となる。このように比の値が小さい場合には、各強磁性結晶粒子の磁化に熱揺らぎ現象が生じて、それらの磁化の総和からなる1ビットセル内の記録磁化の大きさが減衰するため、その記録磁化が表す磁気情報を長期間安定に保持することが困難であるという問題がある。

【0009】本発明は上記事情に鑑み、高記録密度で情報を記録し、かつその情報を高い信号品質（高  $S/N_r$ ）で再生することが可能であるとともに、記録されている情報の長寿命化が図られた磁気記憶媒体を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の磁気記憶媒体は、

(1) 非磁性の基体

(2) 複数の強磁性の磁気記録層

(3) これらの複数の磁気記録層どうしの間に介在してこれら複数の磁気記録層を相互に分断する、反強磁性の分断層を有することを特徴とする。

【0011】上記本発明の磁気記憶媒体では、上記

(2) の複数の磁気記録層が上記 (3) の分断層により分断されているため、それらの磁気記録層の1層1層は分断されていない場合の磁気記録層より厚さの薄いものとなる。一般に、磁気記憶媒体は、磁気記録層が薄いほどその磁気記録層の磁化遷移領域の幅が狭まるので、その磁気記録層に記録された磁気情報がどれくらいの記録密度まで良好に再生されるかを示す指標である分解能が高くなる。そのため、上記本発明の磁気記憶媒体は、高記録密度で情報を記録する媒体として適している。

【0012】上記本発明の磁気記憶媒体では、上記

(2) の複数の強磁性の磁気記録層が上記 (3) の反強磁性の分断層と接触しており、その接触の界面ではそれらの磁気記録層それぞれの磁化とその分断層の磁化との間に交換相互作用が働く。この交換相互作用が存在すると磁気記録層を構成する強磁性結晶粒子の磁気異方性エネルギー  $K_u$  は見かけ上増大するので、これらの粒子の磁化は熱揺らぎに対して安定になる。そのため、本発明の磁気記憶媒体に記録された磁気情報は長期間安定して保持される。

【0013】上記磁気記憶媒体は、分断層が体心立方構造を有する材料からなり、上記複数の磁気記録層それぞれが、六方晶の結晶構造を有するとともに一軸結晶磁気異方性を有する材料からなることが好ましい。

【0014】一般に、六方晶の結晶構造を有する材料はその結晶の対称性から一軸結晶磁気異方性を持つことが多く、一軸結晶磁気異方性を持つ材料は、磁化の配向性が高い。また、一般に、六方晶の結晶構造を持つ材料は面心立方構造を有する材料より体心立方構造を有する材料とヘテロ・エピタキシャル成長しやすく、このヘテロ・エピタキシャル成長によって磁化の配向性は高くなる。そのため、上記好ましい構成の磁気記憶媒体は、磁化の配向性が高い。また、磁化の配向性の向上は、保磁力  $H_c$  の増大と分解能の向上につながる。そのため、保磁力  $H_c$  が大きく分解能の高い磁気記憶媒体が得られる。

【0015】また、上記磁気記憶媒体では、磁気記録層が、Co に、Cr、Pt、および Ta のうちの 1 種類以上の元素が添加された、強磁性の合金からなることが好ましい。

【0016】Co は六方晶の結晶構造を有するとともに一軸結晶磁気異方性を有する強磁性材料であり磁気記録層の材料として適している。また、この Co に、Pt を添加することで磁気記憶媒体の保持力  $H_c$  が高くなり、Co に、Cr または Ta を添加することで磁気記憶媒体の媒体ノイズが小さくなる。

【0017】また、上記磁気記憶媒体では、分断層が、Cr に、Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加された合金からなることが好ましい。

【0018】現在一般に使用されている磁気記憶媒体は、60℃程度までの温度で使用されることが想定されている。本発明の磁気記憶媒体でも、少なくともその温度程度まで上記 (3) の分断層が反強磁性を保つため、その分断層を構成する材料のネール温度として 400 K が目安となる。

【0019】上述したように Cr に、Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加された合金を分断層の材料とすることにより、後に実施形態で示すようにその材料のネール温度を 400 K 以上になるよう調整することができる。また、その調整に伴って上述した交換相互作用の大きさも変化し、本発明の磁気記憶媒体の

熱揺らぎに対する安定性を増すことができると考えられる。

【0020】以下、このように Cr に、Mn、Ru、および Re のうちの 1 種類以上の元素が添加された合金からなる Cr 系分断層を有する磁気記録媒体について説明する。

【0021】分断層として上記 Cr 系分断層を有する磁気記憶媒体では、その分断層が、Cr に、5 at % 以上 80 at % 以下の濃度の Mn が添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0022】Cr に上記濃度の Mn が添加された合金は、後に実施形態で示すようにそのネール温度が 400 K を超え、また安定して存在する材料であるため、分断層の材料として適している。

【0023】また、分断層として上記 Cr 系分断層を有する磁気記憶媒体では、その分断層が、Cr に、2 at % 以上 18 at % 以下の濃度の Ru が添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0024】Cr に上記濃度の Ru が添加された合金は、後に実施形態で示すようにそのネール温度が 400 K を超え、分断層の材料として適している。

【0025】また、分断層として上記 Cr 系分断層を有する磁気記憶媒体では、その分断層が、Cr に、2 at % 以上 14 at % 以下の濃度の Re が添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0026】Cr に上記濃度の Re が添加された合金は、後に実施形態で示すようにそのネール温度が 400 K を超え、分断層の材料として適している。

【0027】また、分断層として上記 Cr 系分断層を有する磁気記憶媒体では、その分断層が、さらに Mo および W のうちの 1 種類以上の元素が添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0028】このように好ましい構成の磁気記憶媒体では、その分断層を構成する、Cr にさらに Mo および W のうちの 1 種類以上の元素が添加された合金の (110) 面どうしの間隔がその添加された Mo と添加された W の量によって調整される。上記 (2) の複数の記録層が強磁性材料として優れている Co を主体とする合金からなる場合、上記面どうしの間隔が、その Co を主体とする合金の (002) 面どうしの間隔とは互いにほぼ一致するように調整されることで、それらの記録層とその分断層の間のヘテロエピタキシャル成長が促される。そのため、この磁気記憶媒体は、磁化の配向が良好であって保持力  $H_c$  も大きく分解能も高い。

【0029】また、分断層として上記 Cr 系分断層を有する磁気記憶媒体では、その分断層が、さらに Pt および Rh のうち 1 種類以上の元素が添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0030】これらの元素の添加により、後に実施形態で説明されるように磁気記憶媒体の熱的安定性が増す。

【0031】また、分断層として上記Cr系分断層を有する磁気記憶媒体では、その分断層が、400K以上のネール温度を有する合金からなる層であることが好ましい。

【0032】分断層を構成する合金において、Crに対して複数の元素を添加する場合にも、その合金が400K以上のネール温度を有するようにその添加量を調整することによって実用に適した磁気記憶媒体となる。

【0033】次に、下地層を有する磁気記憶媒体について説明する。上記本発明の磁気記憶媒体は、

(4) 基体に隣接して、体心立方構造を有する材料からなる非磁性層と体心立方構造を有する材料からなる反強磁性層とのうちの少なくとも1層からなる下地層を有し、上記複数の磁気記録層のうちの最下層の磁気記録層がその下地層に隣接して形成されてなることが好ましい。

【0034】この下地層を有する磁気記憶媒体は、この下地層上に上記(2)の磁気記録層が良好にヘテロエピタキシャル成長するために磁化の配向が良好である。また、この下地層が反強磁性層を含む場合には、この反強磁性層が上記最下層の磁気記録層と接することにより、上述した、上記(2)の複数の磁気記録層が上記(3)の反強磁性の分断層と接触している場合と同様な理由で、本発明の磁気記憶媒体に記録された磁気情報は長期間安定して保持される。

【0035】上記下地層を有する磁気記憶媒体では、その下地層が、上記非磁性層を有し、その非磁性層が、Crを含み、さらにCr中にMoあるいはWが添加された材料からなる層であることが好ましい。

【0036】この好ましい構成を有する磁気記憶媒体は、上述した、分断層がさらにMoおよびWのうちの1種類以上の元素が添加された合金からなる場合と同様な理由で、磁化の配向が良好であって保持力 $H_c$ も大きく分解能も高い。

【0037】また、上記下地層を有する磁気記憶媒体では、その下地層が、上記反強磁性層を有し、その反強磁性層が、Crを含み、さらにCr中にMn、Ru、およびReのうちの1種類以上の元素が添加された合金からなることが好ましい。

【0038】この好ましい構成を有する磁気記憶媒体は、上述した、分断層がCrにMn、Ru、およびReのうちの1種類以上の元素が添加された合金からなる場合と同様な理由で、その反強磁性層のネール温度を400K以上になるように調整することができる。また、本発明の磁気記憶媒体の熱揺らぎに対する安定性を増すことができると考えられる。

【0039】以下、このようにCrを含み、さらにCr中にMn、Ru、およびReのうちの1種類以上の元素が添加された合金からなる反強磁性層を有する下地層について述べる。以下に説明する好ましい構成を有するそ

れぞれの磁気記憶媒体の下地層が有する反強磁性層は、この反強磁性層と同じ構成を持つ上述した分断層と同様な特徴を有する。

【0040】下地層が上記合金からなる反強磁性層を有する上記磁気記憶媒体では、その反強磁性層が、Crを含み、さらにCr中に5at%以上80at%以下の濃度のMnが添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0041】また、下地層が上記合金からなる反強磁性層を有する上記磁気記憶媒体では、その反強磁性層が、Crを含み、さらにCr中に2at%以上18at%以下の濃度のRuが添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0042】また、下地層が上記合金からなる反強磁性層を有する上記磁気記憶媒体では、その反強磁性層が、Crを含み、さらにCr中に2at%以上14at%以下の濃度のReが添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0043】また、下地層が上記合金からなる反強磁性層を有する上記磁気記憶媒体では、その反強磁性層が、さらにMoおよびWのうちの1種類以上の元素が添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0044】また、下地層が上記合金からなる反強磁性層を有する上記磁気記憶媒体では、その反強磁性層が、さらにPtおよびRhのうちの1種類以上の元素が添加された合金からなる層であることが好ましい。

【0045】また、下地層が上記合金からなる反強磁性層を有する上記磁気記憶媒体では、その反強磁性層が、400K以上のネール温度を有する合金からなる層であることが好ましい。

【0046】上記本発明の磁気記憶媒体は、

(5) 磁気記録層のうちの最上層に隣接してカーボンを含有する保護層を有することが好ましい。

【0047】この磁気記憶媒体の場合、上記(5)の保護層は硬質の粒子からなるので、その保護層により上記(2)の磁気記録層が保護される。

【0048】また、上記本発明の磁気記憶媒体は、磁気記録層の残留磁束密度 $B_r$ とその磁気記録層の厚さの総和 $t$ との積 $B_r \cdot t$ が20Gauss $\cdot \mu m$ 以上100Gauss $\cdot \mu m$ 以下となるものであることが好ましい。

【0049】現在一般に使用されている磁気記憶媒体は、 $B_r \cdot t$ が100Gauss $\cdot \mu m$ 程度の値を有するため、磁気記憶媒体の分解能を向上させるためには、磁気記録層の厚さの総和 $t$ をより薄くして $B_r \cdot t$ の値を100Gauss $\cdot \mu m$ 以下にすることが好ましい。また、 $B_r \cdot t$ の値が20Gauss $\cdot \mu m$ 以下の磁気記憶媒体では、現在一般に使用されているヘッドによっても十分な再生出力が得られないため、 $B_r \cdot t$ の値が20Gauss $\cdot \mu m$ 以上であることが望ましい。



【0050】上記複数の磁気記録層それぞれが一軸結晶磁気異方性を有する材料からなる上記磁気記憶媒体は、その基体がディスク状の基体であるとともに、一軸結晶磁気異方性の方向がそのディスク状の基体の円周方向に揃うものであることが好ましい。

【0051】一般に、磁気記憶媒体はディスク状であり、その磁気記憶媒体に磁気情報を記録もしくは再生するヘッドの磁界の方向はそのディスクの円周方向を向く。後に実施形態で説明するように、磁気記憶媒体の、ディスクの円周方向への磁気異方性が大きい程、その磁気記憶媒体の磁気情報が熱的に安定に保持される。

【0052】

【発明の実施形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【0053】まず、本発明の実施形態の磁気記憶媒体の構成を図1を用い、途中図2を使用して説明する。

【0054】図1は、本発明の実施形態の磁気記憶媒体の断面構造を示す図である。

【0055】磁気記憶媒体m2は、磁気情報を担う磁気記録層1と、磁気記録層1を第1の磁気記録層1\_\_1と第2の磁気記録層1\_\_2に分断する分断層2と、磁気記録層1と分断層2を支持する基板3と、基板3と上記第1の磁気記録層1\_\_1の仲立ちをする下地層4と、磁気記録層1を保護する保護層5により構成されている。

【0056】基板3は、NiPディスク基板にアルミニウムメッキが施されたテクスチャ処理済みのAl/NiPディスク基板であり、本発明にいう非磁性の基体に相当する。この基板3に隣接してCrMo<sub>10</sub>からなり、30nmの厚さを有する下地層4が形成されており、下地層4の上部に第1の磁気記録層1\_\_1が形成されている。なお、物質の組成はすべてat%で表される。

【0057】第1の磁気記録層1\_\_1は第2の磁気記録層1\_\_2と位置が異なるのみで、層の厚さおよびその材質に関しては全く同じものである。これらの層は10nmと厚さが薄く、強磁性を示す六方晶の構造を有するCoCrPtTa合金(Co<sub>88</sub>Cr<sub>10</sub>Pt<sub>10</sub>Ta<sub>2</sub>)の多結晶材料からなる。それらの結晶粒子の磁化は、それぞれの結晶の(001)方向に一軸結晶磁気異方性を有する。そのそれぞれの結晶粒子は、その一軸結晶磁気異方性の方向が上記ディスク状の基板3の円周方向にほぼ揃うように形成されている。この強磁性のCoCrPtTa合金は、上述したように一軸結晶磁気異方性を有するため磁化の配向が良好で保持力H<sub>c</sub>が高いので、分解能が高く、高密度で磁気情報が記録される磁気記憶媒体の磁気記録層の材料として適している。

【0058】この第1の磁気記録層1\_\_1の上部に分断層2が隣接して形成され、分断層2の上部に隣接して第2の磁気記録層1\_\_2が形成されている。分断層2は5nmの厚さを有し、体心立方構造の反強磁性材料であるCrMn<sub>30</sub>からなる。このCrMn<sub>30</sub>は800K近くの

高いネール温度を有する。本実施形態では、分断層2の材料としてCr等の単なる非磁性材料ではなく、CrMn<sub>30</sub>という反強磁性材料が採用されているため、第1の磁気記録層1\_\_1あるいは第2の磁気記録層1\_\_2との界面の磁化は、この磁化とその界面を挟んで隣接する分断層2の界面の磁化との間で互いに交換相互作用を及ぼし合う。

【0059】分断層2および下地層4では、Crを主体とした合金の材料が採用されている。一般に下地層には面心立方構造の材料より体心立方構造の材料を使用したほうが、下地層に隣接して形成される磁気記録層の磁化の配向が良くなり、分断層についても同様である。これらの層の結晶構造について図2により説明する。

【0060】図2は、下地層を構成する材料の結晶構造と磁気記録層を構成する材料の結晶構造を示す図である。

【0061】図2では、図の上部に第1の磁気記録層1\_\_1を構成するCoCrPtTa合金の六方晶単位セル6が表され、図の下部に下地層4を構成する体心立方構造のCrMo<sub>10</sub>からなる立方晶下地7の結晶構造が表される。ここでは、立方晶下地7の結晶構造として、下地層4の、第1の磁気記録層と接する界面から、体心立方構造の単位セルを表す立方体が層の平面に縦3×横3で並ぶ部分が抜き出されている。この立方体の上面の対角線方向に伸び、かつ層の平面に垂直な面は、この結晶構造の(110)面8を表す。

【0062】また、六方晶単位セル6は、六角柱の形状を有する。その六角柱の両底面に垂直な軸がこの六方晶構造のc軸9を表し、c軸9は層の平面内方向で、かつ立方晶下地7に現れる立方体の上面の1つの対角線の方角を向いている。CoCrPtTa合金の結晶はこのc軸9の方向に一軸結晶磁気異方性を有する。

【0063】上記六角柱の両底面は、この六方晶構造の(001)面10を表す。この(001)面の面間隔の半分の面間隔を有する面が(002)面11であり、この(002)面11は、上記両底面と、これらの両底面と並行で、これらの両底面のちょうど中間に位置する面により表される。これらの(002)面11は、立方晶下地層7のある方向を向くの(110)面と並行であり、さらに、(002)面11の面間隔は、立方晶下地7の(110)面の面間隔とほぼ一致している。そのため、体心立方構造のCrMo<sub>10</sub>からなる下地層4の上部の界面で、六方晶構造のCoCrPtTa合金はヘテロ・エピタキシャル成長する。先に述べたように、c軸9が層の平面内方向を向くのは、実は、このように六方晶構造のCoCrPtTa合金がヘテロ・エピタキシャル成長するためであり、それにより第1の磁気記録層1\_\_1の磁化は層の平面内方向に配向される。

【0064】さらに、下地層4の上部の界面で第1の磁気記録層1\_\_1がヘテロ・エピタキシャル成長すると同

様に、第1の磁気記録層1\_\_1上にCrMn<sub>30</sub>からなる分断層2が、そして、分断層2上にCoCrPtTa合金からなる第2の磁気記録層1\_\_2がヘテロ・エピタキシャル成長するため、第2の磁気記録層1\_\_2の磁化も層の面内へ良好に配向される。このようにして磁気記録層1の両層の磁化が面内へ良好に配向がされるため磁気記録層1の保持力H<sub>0</sub>も高い。この保持力H<sub>0</sub>が高く、上述した磁気記録層1のそれぞれの層が薄いため、本実施形態の磁気記憶媒体m2は高い分解能を有する。

【0065】なお、分断層2および下地層4それぞれを構成するCrを主体とするそれぞれの合金には、MoおよびWのうちの1種類以上の元素が添加されてもよく、その添加によりその合金の(110)面の面間隔は調節される。この調節によって、さらに、分断層2および下地層4と、磁気記録層1との界面でのエピタキシャル成長が良好なものとなり、磁気記録層1の保持力H<sub>0</sub>が高められる。

【0066】これまで述べた各層を保護するために、第2の磁気記録層1\_\_2の上部に隣接して8nmの厚さのカーボンからなる硬質の粒子の集まりからなる保護層5が形成されている。保護層5は、それ無しでは両磁気記録層に記録されている磁気情報を読む浮上ヘッドがこの磁気記憶媒体に接触するときに起きる磁気記録層1をはじめとする各層の損傷を防ぐ。

【0070】表1の最左欄には測定対象として、従来の磁気記憶媒体m1および本実施形態の磁気記憶媒体m2が示されている。m1、m2の両媒体の第1の磁気記録層1\_\_1と第2の磁気記録層1\_\_2の厚さはそれぞれ同一であり、それらの層からなる磁気記録層1のBr・tはいずれの媒体でも70Gauss・μmである。表1の最上段のT<sub>90</sub>は、300Kにおいて媒体の残留磁化M<sub>r</sub>の大きさが測定初期の磁化の大きさの90%に減少するまでの時間であり、媒体の磁化および媒体に記録されている磁気情報の寿命を表す。上記m1、m2の両媒体の残留磁化M<sub>r</sub>の時間変化は、SQUID (Superconductive Quantum Interference Device) によって、磁気記録層1に記録されている磁化とは逆方向に加えられる逆印加磁界H<sub>i</sub>が無い場合とH<sub>i</sub>が400Oeの場合に測定された。その測定された残留磁化M<sub>r</sub>の時間変化から、m1、m2の両媒体の時間T<sub>90</sub>が決定された。表1の最上段のS<sub>iso</sub>/N<sub>s</sub>は、0kFCI近くの低い線記録密度を持つ孤立波状態の磁気情報を再生した際の出力信号強度S<sub>iso</sub>と、160kFCIの線記録密度で記録された磁気情報を再生した際の媒体ノイズN<sub>s</sub>との比を表す。そ

【0067】以上述べたような構成を有する磁気記憶媒体m2はDCマグネトロンスパッタ法により製造された。その製造の際には、良く洗浄された上記Al/NiPディスク基板を用意し、製膜室の真空度を1.0×10<sup>-7</sup>Torr以下に排気した後、Arガスを導入して5mTorrを保ち、その基板の温度を220℃に加熱しておいた。その後、無バイアスで、上述した各層の製膜を順次進めた。

【0068】上述したように保持力H<sub>0</sub>および分解能が高く、また、磁気記録層1が反強磁性材料からなる分断層2によって分断されるという構成上の特徴を有する本実施形態の磁気記憶媒体m2は、磁気記録層1に記録されている磁気情報が熱的に安定であることについて説明する。その磁気情報の熱揺らぎに対する安定性の測定結果および、その磁気情報を再生した際のS/N<sub>s</sub>の測定結果を表1に示す。表1には比較の対象として、磁気記憶媒体m2から、その分断層2のみが、分断層2と厚さが同じで非磁性のCrからなる層で置き換えられてなる従来の磁気記憶媒体m1に対する結果も示す。この磁気記憶媒体m1は、分断層の材料がCrであることを除いて、磁気記憶媒体m2の製造条件と同じ製造条件の下に磁気記憶媒体m2の製造手順と同じ手順で製造された。

【0069】

【表1】

媒体	T <sub>90</sub> (H <sub>i</sub> =0Oe)	T <sub>90</sub> (H <sub>i</sub> =400Oe)	S <sub>iso</sub> /N <sub>s</sub>
m1	8.0×10 <sup>11</sup> 年	~1年	30.1dB
m2	8.4×10 <sup>14</sup> 年	~2×10 <sup>1</sup> 年	30.2dB

して、その最上段とその最左欄に囲まれる6つの欄の数字が各測定値を表す。

【0071】T<sub>90</sub>については、逆印加磁界無しの場合(H<sub>i</sub>=0Oe)には、非磁性のCrで分断された磁気記憶媒体m1のT<sub>90</sub>は8.0×10<sup>11</sup>年であったのに対し、反強磁性の合金で分断された本実施形態の磁気記憶媒体m2のT<sub>90</sub>は8.4×10<sup>14</sup>年と磁気記憶媒体m1のT<sub>90</sub>より1000倍程度長い時間となった。また、400Oeの逆印加磁界H<sub>i</sub>が加えられている場合にも、磁気記憶媒体m2のT<sub>90</sub>は磁気記憶媒体m1のT<sub>90</sub>より長く、磁気記憶媒体m1のT<sub>90</sub>は1年程度と短い時間であったのに対し、磁気記憶媒体m2のT<sub>90</sub>はその200倍の2×10<sup>1</sup>年程度の時間となった。

【0072】この理由は、反強磁性の合金で分断された本実施形態の磁気記憶媒体m2においては、強磁性を示すそれぞれの磁気記録層の磁化と、この磁化に隣接する、反強磁性の分断層2の界面の磁化との間に互いに交換相互作用が働くので、磁気記録層1を構成する強磁性結晶粒子の磁気異方性エネルギーK<sub>u</sub>は見かけ上増大し、そのため、その強磁性結晶粒子の磁化の方向が安定化されるためである。

【0073】また、従来の磁気記憶媒体m1と本実施形態の磁気記憶媒体m2との両媒体はそれぞれ、30.1 dB、30.2 dBといった高い $S_{110}/N_0$ を示した。このように、磁気記憶媒体の分断層の材料として反強磁性の合金が使用された場合にも、磁気記憶媒体の $S_{110}/N_0$ は高い値に保たれる。

【0074】なお、本実施形態の磁気記憶媒体m2は、 $B_r \cdot t$ が70 Gauss $\cdot\mu m$ 程度であったが、本発明において $B_r \cdot t$ の値は、高い分解能を得るため、現在一般に使用されている磁気記憶媒体の $B_r \cdot t$ の値に近い100 Gauss $\cdot\mu m$ 以下の値であることが好ましい。また、 $B_r \cdot t$ の値が20 Gauss $\cdot\mu m$ 以下の磁気記憶媒体では、現在一般に使用されているヘッドによっても十分な再生出力が得られないため、 $B_r \cdot t$ の値が20 Gauss $\cdot\mu m$ 以上であることが好ましい。

【0075】このように、分断層として反強磁性材料からなる分断層2を有する本実施形態の磁気記憶媒体m2は、非磁性のCrからなる分断層を有する従来の磁気記憶媒体m1と同程度の高い $S_{110}/N_0$ を示しながら、そこに記憶される磁気情報は、従来の磁気記憶媒体m1に記憶される磁気情報よりはるかに高い、熱揺らぎに対する安定性を有することが確認された。

【0076】本実施形態の磁気記憶媒体m2では、分断層2にCrMn<sub>30</sub>が採用されたが、CrMn<sub>30</sub>以外にも分断層2に使用できる材料は存在する。それらの材料が分断層2として採用されるには、それらの材料が、現在日常で使用されている磁気記憶媒体がその記録再生および保管に際して保証される60℃程度以上の温度で分断層2として機能することが必要であり、そのため、その温度から適度な余裕をとって400 K (約130℃)以上のネール温度を有することが望ましい。以下、図3とともに、分断層2の材料の候補となる3種類の合金の組成とそれらの合金のネール温度について説明する。

【0077】図3は、Crに、Mn、Ru、およびReのそれぞれの元素が添加されたそれぞれの合金における、添加された元素の添加濃度に対する合金のネール温度の変化を示すグラフである。

【0078】横軸は、CrMn合金におけるMnの添加濃度、CrRu合金におけるRu添加濃度、およびCrRe合金におけるRe添加濃度のそれぞれの添加濃度をat%で表す。縦軸は、CrMn合金、CrRu合金、およびCrRe合金のそれぞれの合金のネール温度をK単位で表す。

【0079】それぞれの合金は、添加濃度がゼロの場合には、単体のCrに相当する。この場合、図中の点a0に示されるように、ネール温度はほぼ室温の300 Kである。そのため、Crは室温で安定して反強磁性となることはない。また、Crが反強磁性となったとしても、その低いネール温度から考えられるように、磁化どうし

の間に働く交換相互作用の大きさが小さいので、Crは分断層2の材料として磁気記録層1の磁化および磁気記録層1に記録されている磁気情報の長寿命化に寄与しない。

【0080】実線a1は、CrMn合金のネール温度がMnの添加濃度に対して変化する様子を示す。この実線a1に示されるように、CrMn合金のネール温度は、Mnの添加濃度が0 at%から20 at%まで増加するにつれて単調に増大し、20 at%程度の添加濃度において800 Kという高い温度で飽和する。また、実線a2は、CrRu合金のネール温度がRuの添加濃度に対して変化する様子を示す。この実線a2に示されるように、CrRu合金のネール温度は、Ruの添加濃度が0 at%から8 at%程度まで増加するにつれて単調に増大した後、8 at%付近でピークを持ち、500 Kを超える高い温度となる。その後、Ruの添加濃度が8 at%程度以上に増加するとそのネール温度は単調に減少する。また、実線a3は、CrRe合金のネール温度がReの添加濃度に対して変化する様子を示す。この実線a3に示されるように、CrRe合金のネール温度は、Reの添加濃度が0 at%から3 at%程度まで増加するにつれて単調に増大した後、3 at%付近でピークを持ち、600 Kという高い温度となる。その後、Reの添加濃度が3 at%程度以上に増加するとそのネール温度は単調に減少する。

【0081】以上のように、MnあるいはRuあるいはReであれば、Crに数at%添加されるだけで、Crのネール温度は200 K以上向上する。そして、CrMn合金、CrRu合金、CrRe合金のそれぞれの合金が400 Kを超えるネール温度を有するには、それぞれ5 at%以上のMnの添加濃度、2 at%以上18%以下のRuの添加濃度、2 at%以上14%以下のReの添加濃度を有する合金であればよい。なお、CrMn合金のMnの添加濃度は、スパッタ法により安定に体心立方構造の合金として形成される80%を上限とすることが好ましい。本発明の磁気記憶媒体の分断層は、上述した実施形態の磁気記憶媒体m2の分断層2を構成する材料のCrMn<sub>30</sub>以外に、上記それぞれの合金に応じた範囲内の添加濃度を有するCrMn合金、CrRu合金、およびCrRe合金のいずれかであってもよい。なお、図3のグラフのデータは「磁性体ハンドブック」(近角 聡信、他、編集、昭和50年、朝倉書店刊、初版)を参照した。

【0082】次に、上述した、そこに記録されている磁気情報を再生した際の $S_{110}/N_0$ が大きく、またその磁気情報が熱揺らぎに対して安定である本実施形態の磁気記憶媒体m2は、その1部分の構成を変更することにより、そこに記録されている磁気情報がさらに熱揺らぎに対して安定になる。以下、そのような、磁気情報を熱揺らぎに対してさらに安定にするいくつかの構成について

順に説明する。

【0083】まず、下地層4の材料として非磁性のCrMo<sub>10</sub>の代わりに反強磁性材料を採用することにより、磁気情報の熱揺らぎに対する安定性がさらに増すことについて説明する。

【0084】表2は、3種類の媒体における、温度300Kで逆印加磁界H<sub>r</sub>が無い場合のT<sub>90</sub>の測定結果を示す表である。

【0085】

【表2】

媒体	T <sub>90</sub> (H <sub>r</sub> =0 Oe)
m3	~10 <sup>19</sup> 年
m4	~10 <sup>20</sup> 年
m5	~10 <sup>25</sup> 年

【0086】表2の左の欄には測定された媒体の種類が示されている。それらの媒体のうちの1つは、テクスチャ処理済みのAl/NiPディスク基板に隣接して、非磁性のCrMo<sub>10</sub>からなる25nmの厚さを有する下地層が形成されており、その下地層の上部にCo<sub>72</sub>Cr<sub>18</sub>Pt<sub>5</sub>Ta<sub>2</sub>Nb<sub>2</sub>からなる25nmの厚さを有する単層の磁気記録層が形成され、さらに、その磁気記録層の上部にカーボンからなる8nmの厚さの保護層が形成された媒体m3である。また、残りの2つの媒体は、媒体m3から、媒体m3の下地層のみを、その下地層の厚さは25nmのまま、反強磁性材料であるCrMn<sub>10</sub>からなる下地層に置き換えた媒体m4、および、媒体m3から、媒体m3の下地層のみを、その下地層の厚さは25nmのまま、反強磁性材料のCrMn<sub>10</sub>Pt<sub>5</sub>からなる下地層に置き換えた媒体m5である。これらの媒体は、

上述した実施形態の磁気記憶媒体m2と同様に、磁気記憶媒体m2の製造条件と同じ、製膜室中のガス分圧および基板の温度の下でDCマグネトロンスパッタ法により無バイアスで各媒体の各層の製膜が進められて、製造された。

【0088】T<sub>90</sub>は、非磁性のCrMo<sub>10</sub>からなる下地層を有する磁気記憶媒体m3では約10<sup>19</sup>年であったのに対し、反強磁性材料のCrMn<sub>10</sub>からなる下地層を有する磁気記憶媒体m4では約10<sup>23</sup>年と10<sup>10</sup>倍程度長くなる。この理由は、分断層に反強磁性材料を用いた場合と同様に、強磁性を示す磁気記録層の磁化と、この磁化に隣接する、反強磁性の層の界面の磁化との間に互いに交換相互作用が働くことにあると考えられる。

【0089】また、Ptを含むCrMn<sub>10</sub>Pt<sub>5</sub>からなる反強磁性の下地層を有する磁気記憶媒体m5では、T

<sub>90</sub>は、約10<sup>28</sup>年と媒体m4のT<sub>90</sub>よりさらに10<sup>7</sup>倍程度長くなる。この要因として、CrMn合金の格子中に固溶したPt元素が内部磁界によって分極することがあげられるが、その詳細な機構については明らかではない。この分極は、Ru元素およびRh元素においても知られており、RuおよびRhのいずれかの添加によってもT<sub>90</sub>の増大を見込むことができる。また、CrMn合金以外のCrを主体とする合金に対しても、上述したPt、RuおよびRhの添加によって、T<sub>90</sub>が増大すると考えられる。

【0090】このように、反強磁性の分断層を有する本実施形態の磁気記憶媒体m2において、CrMo<sub>10</sub>からなる下地層4が反強磁性の下地層で置き換えられることにより、磁気記録層1の磁化は分断層2の磁化との間の交換相互作用に加えて、その下地層の磁化との間にも交換相互作用を及ぼし合うので、その下地層に置き換えられてなる磁気記憶媒体は、磁気記憶媒体m2よりもT<sub>90</sub>の長い、熱的にさらに安定して磁気情報を記憶する媒体であると考えられる。

【0091】この反強磁性の下地層の材料は、分断層2の材料と同様に、400K以上のネール温度を有することが好ましく、具体的には、5at%以上80%以下のMnの添加濃度を有するCrMn合金、2at%以上18%以下のRuの添加濃度を有するCrRu合金、および2at%以上14at%以下のReの添加濃度を有するCrRe合金等が候補としてあげられる。また、この下地層のそれらの材料に、さらにMoおよびWのうちの1種類以上の元素が添加されてもよく、その添加によりその材料となる合金の(110)面の面間隔は調節される。また、この下地層のそれらの材料にさらにPtが添加されてもよく、このPtの添加により表2で説明したように、その下地層を含む媒体はT<sub>90</sub>が長くなり長期間安定して磁気情報を記憶すると考えられる。また、Ptは、分断層2に添加されてもよく、そのPtの添加された分断層を含む媒体もT<sub>90</sub>が長くなりさらに長期間安定して磁気情報を記憶すると考えられる。

【0092】上述した反強磁性材料からなる下地層を有する磁気記憶媒体はT<sub>90</sub>が長いので、反強磁性材料は下地層の材料として優れているが、結晶性に関しては他の非磁性の材料の方が優れている場合がある。このような場合、その反強磁性の下地層の下地として同様の体心立方構造を有する非磁性の材料からなる下地層を置いて下地層を2層にすることによりその反強磁性材料の結晶性がより良くなり、その反強磁性材料からなる層と磁気記録層のヘテロ・エピタキシャル成長が促進されて磁気記憶媒体の保持力H<sub>c</sub>が改善される。ここで述べた非磁性の下地層の材料としては体心立方構造のCr系合金が適している。

【0093】次に、磁気記録層1の磁気異方性を大きくすることにより、磁気記憶媒体m2に記憶される磁気情

報の熱揺らぎに対する安定性がさらに増すことについて説明する。

【0094】図4は、磁気記録層の磁化のオリエンテーション・レシオ (OR) に対する  $T_{90}$  の変化のシミュレーション結果を示すグラフである。

【0095】このシミュレーションは、モンテカルロ法を併用したマイクロ・マグネティック・シミュレーションであり、このシミュレーションにより、単層の磁気記録層の1ビット領域での磁化の熱緩和の様子が、その領域内の各強磁性結晶粒子のそれぞれの磁化のとり様々な配位での、異方性エネルギー、ゼーマンエネルギー、静磁気エネルギー、および交換相互作用によるエネルギーに基づいて調べられ、その1ビット領域での磁化  $T_{90}$  が計算された。

【0096】ORとは、ヘッド走行方向、つまり一般にディスク基板の円周方向に磁界を印加して測定した場合の保持力  $H_{0r}$  と径方向に磁界を印加して測定した場合の保持力  $H_{0t}$  との比  $H_{0r} / H_{0t}$  であり、しばしば磁気異方性の評価基準となる。

【0097】グラフの横軸は、磁気記録層の厚さを  $n\text{ m}$  単位で表す。磁気記録層の厚さは、このシミュレーションでは各強磁性結晶粒子の高さに相当する。縦軸は、この磁気記録層の磁化の  $T_{90}$  を対数スケールで表す。白丸b1が示すように、OR=1.0の場合に、厚さが10nmの磁気記録層の磁化の  $T_{90}$  は  $10^4$  秒となった。なお、この磁気記録層では、厚さが10nmで、 $(K_u V) / (k_B T)$  の値は42.2である。この図4のグラフでは  $K_u / (k_B T)$  の値は常に一定であり、各強磁性結晶粒子の層面内の面積は一定であるので、 $(K_u V) / (k_B T)$  の値は、横軸が表す厚さに比例する。

【0098】白丸b1を通る実線は磁気記録層の磁化のORが1.0であることを表す。この実線上にある、白丸b2、白丸b3、白丸b4、白丸b5それぞれが示すように、磁気記録層の厚さがそれぞれ15nm、20nm、25nm、30nmであるとき、それらの厚さで、磁気記録層中の強磁性結晶粒子の  $(K_u V) / (k_B T)$  はそれぞれ63.2、84.3、105.4、126.45という値をとり、それらの値を持つ強磁性結晶粒子を有する磁気記録層の磁化の  $T_{90}$  はそれぞれおよそ、 $10^{10}$  秒、 $10^{15}$  秒、 $10^{20}$  秒、 $10^{25}$  秒であった。このように、磁気記録層の磁化のORが一定の場合、磁気記録層中の強磁性結晶粒子の  $(K_u V) / (k_B T)$  の値が増大するとともに磁気記録層の磁化の  $T_{90}$  は指数関数的に長くなった。

【0099】次にこのORの変化による  $T_{90}$  の変化について説明するため、磁気記録層厚さが20nmの場合に着目する。この場合には、 $(K_u V) / (k_B T)$  の値は84.3と一定であり、 $Br \cdot t$  は  $80 \text{ Gauss} \cdot \mu\text{m}$  程度の値であった。厚さが20nmの場合、白四角b31、白四角b32、白四角b33、白四角b34、白

四角b35それぞれが示すように、磁気記録層の磁化のORがそれぞれ、0.86、1.00、1.06、1.16、1.36という値をとるとき、それらの値を持つ強磁性結晶粒子を有する磁気記録層の磁化の  $T_{90}$  はそれぞれおよそ、 $10^{13}$  秒、 $10^{15}$  秒、 $10^{18}$  秒、 $10^{22}$  秒、 $10^{31}$  秒であった。

【0100】このように、 $Br \cdot t$  が  $80 \text{ Gauss} \cdot \mu\text{m}$  程度の媒体において、磁気記録層の磁化の磁気異方性の指標ともなるORを0.1向上させると、磁気記録層の磁化の  $T_{90}$  は  $10^4 \sim 10^5$  倍と大きく改善された。また、白四角b31～白四角b35のそれぞれの白四角を通る破線は、それらの白四角のORと同じORを持つ磁気記録層の厚さを変化させたときの  $T_{90}$  の変化の様子を表す。その厚さによらず、ORの向上とともに  $T_{90}$  は大きく改善されることがわかる。

【0101】このシミュレーションの結果より、磁気記憶媒体の、ORの大きさにより表されるディスクの円周方向への磁気異方性が大きい程、 $T_{90}$  により表される、その磁気記憶媒体の磁気情報が長期間安定に保持されることが確認された。

#### 【0102】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、高記録密度で情報を記録し、かつその情報を高い信号品質 (高S/N<sub>s</sub>) で再生することが可能であるとともに、その情報の熱揺らぎに対する安定性を増すことで情報の長寿命化が図られた磁気記憶媒体を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の磁気記憶媒体の断面構造を示す図である。

【図2】分断層を構成する材料と磁気記録層を構成する材料の結晶構造を示す図である。

【図3】Crに、Mn、Ru、およびReのそれぞれの元素が添加されたそれぞれの合金における、添加された元素の添加濃度に対する合金のネール温度の変化を示すグラフである。

【図4】磁気記録層の磁化のオリエンテーション・レシオ (OR) に対する  $T_{90}$  の変化のシミュレーション結果を示すグラフである。

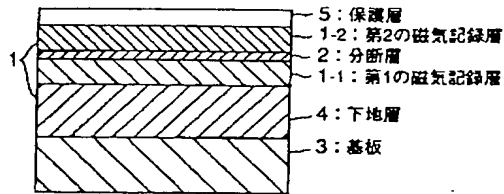
#### 【符号の説明】

- |     |          |
|-----|----------|
| 1   | 磁気記録層    |
| 1_1 | 第1の磁気記録層 |
| 1_2 | 第2の磁気記録層 |
| 2   | 分断層      |
| 3   | 基板       |
| 4   | 下地層      |
| 5   | 保護層      |
| 6   | 六方晶単位セル  |
| 7   | 立方晶下地    |
| 8   | (110)面   |

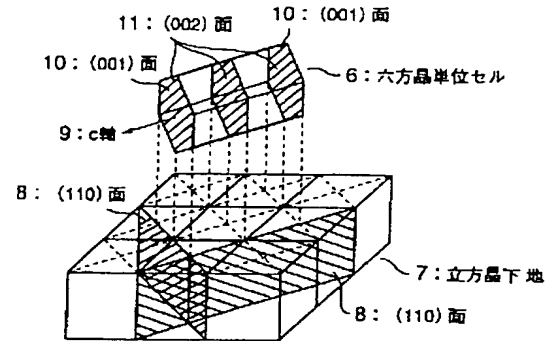
9 c 軸  
10 (001) 面

11 (002) 面

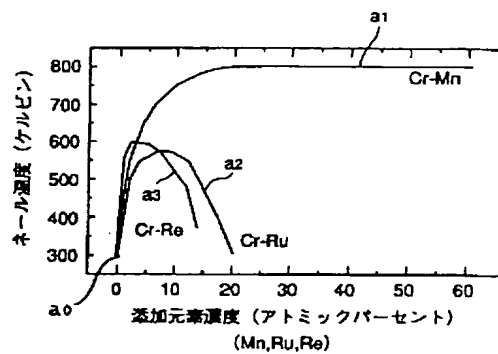
【図 1】



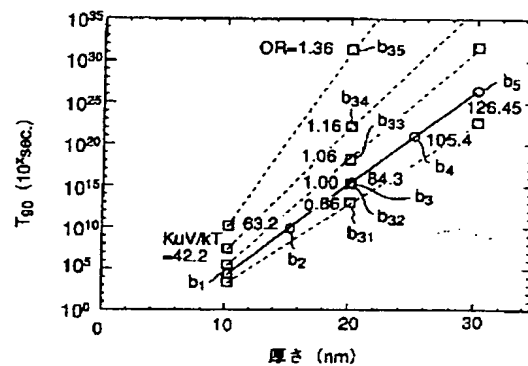
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 賢治

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

(72)発明者 岡本 巖

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5D006 AA02 BB01 BB02 BB07 BB08

CA01 CA05 DA03 FA09

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

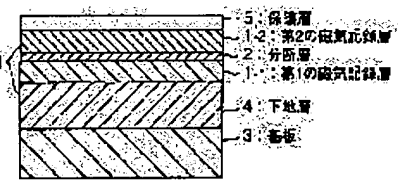
(11)Publication number : 2000-276726  
(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl. G11B 5/66

(21)Application number : 11-077741	(71)Applicant : FUJITSU LTD
(22)Date of filing : 23.03.1999	(72)Inventor : AKIMOTO HIDEYUKI YOSHIDA YUKI SATO KENJI OKAMOTO IWAO

(54) MAGNETIC MEMORY MEDIUM

(57)Abstract:  
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic memory medium which is capable of recording information with a high recording density and reproducing this information with high signal quality (high S/N) and in which a long life of the information can be achieved.  
SOLUTION: This magnetic memory medium has a plurality of magnetic layers 1.1 and 1.2 on a nonmagnetic substrate 3 and an antiferromagnetic parting layer 2 which is interposed between these magnetic layers 1.1 and 1.2 and parts the plural magnetic layers 1.1 and 1.2 from each other. Since an exchange interaction mutually acts between the magnetization of the ferromagnetic material constituting the plural magnetic layers 1.1 and 1.2 and the magnetization of the antiferromagnetic material constituting the parting layer 2 parting the magnetic layers 1.1 and 1.2, the magnetic information recorded on these magnetic layers 1.1 and 1.2 is stable against thermal fluctuations and is maintained for a long period of time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(110) underlayer  
(200) mag

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] Magnetic storage data medium characterized by having a nonmagnetic base, two or more ferromagnetic magnetic-recording layers, and a fragmentation layer of antiferromagnetism that intervenes among two or more of these magnetic-recording layers, and divides a magnetic-recording layer of these plurality mutually.

[Claim 2] Magnetic storage data medium according to claim 1 characterized by for said fragmentation layer consisting of a material which has body-centered cubic structure, and consisting of a material which has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy while having the crystal structure with said each of two or more hexagonal magnetic-recording layers.

[Claim 3] Magnetic storage data medium according to claim 1 characterized by setting said magnetic-recording layer to Co from a ferromagnetic alloy with which one or more kinds of elements of Cr, Pt, and the Ta were added.

[Claim 4] Magnetic storage data medium according to claim 1 characterized by setting said fragmentation layer to Cr from an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were added.

[Claim 5] Magnetic storage data medium according to claim 4 characterized by being the layer to which said fragmentation layer is set to Cr from an alloy with which Mn of concentration not more than more than 5at%80at% was added.

[Claim 6] Magnetic storage data medium according to claim 4 characterized by being the layer to which said fragmentation layer is set to Cr from an alloy with which Ru of concentration not more than more than 2at%18at% was added.

[Claim 7] Magnetic storage data medium according to claim 4 characterized by being the layer to which said fragmentation layer is set to Cr from an alloy with which Re of concentration not more than more than 2at%14at% was added.

[Claim 8] Magnetic storage data medium according to claim 4 characterized by being the layer which said fragmentation layer turns into from an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were added by Cr, and one or more kinds in Mo and W were further added.

[Claim 9] Magnetic storage data medium according to claim 4 characterized by being the layer which said fragmentation layer turns into from an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were added by Cr, and one or more kinds of elements were further added among Pt and Rh.

[Claim 10] Magnetic storage data medium according to claim 4 characterized by being the layer to which said fragmentation layer is set to Cr from an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were added, and which has 400K or more Neel temperature.

[Claim 11] Magnetic storage data medium according to claim 1 characterized by adjoining said base, and having a substrate layer which consists of at least one of antiferromagnetism layers which consist of a non-magnetic layer which consists of a material which has body-centered cubic structure, and a material which has body-centered cubic structure, and a magnetic-recording layer of the lowest layer of said two or more magnetic-recording layers adjoining this substrate layer, and coming to be formed.

[Claim 12] Magnetic storage data medium according to claim 11 by which said substrate layer has said non-magnetic layer, and this non-magnetic layer is characterized by being the layer which consists of a material with which Mo or W was further added in Cr including Cr.

[Claim 13] Magnetic storage data medium according to claim 11 by which said substrate layer has said antiferromagnetism layer, and this antiferromagnetism layer is characterized by consisting of an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were further added in Cr including Cr.

[Claim 14] Magnetic storage data medium according to claim 13 by which said substrate layer has said antiferromagnetism layer, and this antiferromagnetism layer is characterized by being the layer which consists of an alloy with which Mn of concentration not more than more than 5at%80at% was further added in Cr including Cr.

[Claim 15] Magnetic storage data medium according to claim 13 by which said substrate layer has said antiferromagnetism layer, and this antiferromagnetism layer is characterized by being the layer which consists of an alloy with which Ru of concentration not more than more than 2at%18at% was further added in Cr including Cr.

[Claim 16] Magnetic storage data medium according to claim 13 by which said substrate layer has said antiferromagnetism layer, and this antiferromagnetism layer is characterized by being the layer which consists of an alloy with which Re of concentration not more than more than 2at%14at% was further added in Cr including Cr.

[Claim 17] Magnetic storage data medium according to claim 13 by which said substrate layer has said antiferromagnetism layer, and this antiferromagnetism layer is characterized by being the layer which consists of an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were further added in Cr, and one or more kinds of elements of Mo and the W were added



further including Cr.

[Claim 18] Magnetic storage data medium according to claim 13 by which said substrate layer has said antiferromagnetism layer, and this antiferromagnetism layer is characterized by being the layer which consists of an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were further added in Cr, and one or more kinds of elements were further added among Pt and Rh including Cr.

[Claim 19] Magnetic storage data medium according to claim 13 characterized by being the layer which said substrate layer turns into from an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were further added for this antiferromagnetism layer in Cr by having said antiferromagnetism layer including Cr, and which has 400K or more Neel temperature.

[Claim 20] Magnetic storage data medium according to claim 1 characterized by having a protective layer which adjoins the maximum upper layer of said magnetic-recording layers, and contains carbon.

[Claim 21] Magnetic storage data medium according to claim 1 by which said magnetic-recording layer is characterized by being what product  $B_r \cdot t$  with total  $t$  of a residual magnetic flux density  $B_r$  of this magnetic-recording layer and thickness of this magnetic-recording layer becomes below 100 Gauss- $\mu$ m more than 20 Gauss- $\mu$ m.

[Claim 22] Magnetic storage data medium according to claim 2 characterized by the direction of the uniaxial-crystal magnetic anisotropy of a material with which said two or more magnetic-recording layers constitute each of those magnetic-recording layers being what is equal to a circumferencial direction of a base of the shape of this disk while said base is a disk-like base.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to suitable magnetic storage data medium for the magnetic disk drive for performing informational record playback.

[0002]

[Description of the Prior Art] With the increment in the recording information treated with an information processor, while the magnetic storage used as external storage of this information processor is compact, what has still bigger storage capacity is demanded. Therefore, magnetic storage data medium which can be recorded with high recording density is needed for magnetic storage.

[0003] Generally, magnetic storage data medium has the magnetic-recording layer on which magnetic information is recorded, and 1-bit magnetic information is shown by the direction of all magnetization which consists of a set of each magnetization of two or more ferromagnetic crystal grain children who exist in the 1-bit cel of the magnetic-recording layer. Each magnetization of these ferromagnetic crystal grain children gathers in the about 1 direction, where magnetic information is recorded. However, when magnetization of the next 1-bit cel has gathered in this direction and the direction of reverse, bordering on the boundary of those adjacent 1-bit cels, the direction of magnetization does not change steeply but the direction of magnetization is reversed via width of face with near [ that ] a boundary. The magnetization which turns to hard flow mutually mingles with zigzag, and the field which has the width of face is called a magnetization transition region. In order to reproduce the magnetic information recorded on the magnetic-recording layer of magnetic storage data medium with high recording density good, the width of face of this magnetization transition region must be small.

[0004] It is known that the width of face of this magnetization transition region will become so narrow that the magnetic-recording layer of magnetic storage data medium is thin about thickness. Therefore, conventionally, the attempt which makes a magnetic-recording layer thin is made, and magnetic storage data medium which has the multilayer magnetic-recording layer which comes to divide the above-mentioned magnetic-recording layer in a nonmagnetic layer is proposed.

[0005] However, it is known for conventional magnetic storage data medium that S/Nm to the regenerative signal of the recorded magnetic information will fall (the data-medium noise Nm should increase to the output S of a regenerative signal), so that magnetic information is recorded with high recording density.

[0006] One of the causes which this data-medium noise generates is in dispersion in the above-mentioned ferromagnetic crystal grain child's grain size. It is thought that a playback output is proportional to total of the volume of the ferromagnetic crystal grain child in a 1-bit cel. Therefore, if the average grain size in a 1-bit cel becomes large, dispersion in the grain size will also become large, dispersion in a playback output will become large as a result, and a data-medium noise will also increase. Therefore, it is thought that the data-medium noise Nm of this magnetic storage data medium is reduced further, and its S/Nm improves by being adjusted so that a ferromagnetic crystal grain child's grain size may become smaller in the magnetic-recording layer of magnetic storage data medium.

[0007] Thus, the signal showing magnetic information is reproduced by high S/Nm, so that a magnetic-recording layer is thin and the grain size of the ferromagnetic crystal grain child in a magnetic-recording layer is small. For example, when are-izing the thickness of a magnetic-recording layer / about 10nm ] and grain size is made detailed by the field inboard of a magnetic-recording layer to 8nm - about 10nm, even if it is a signal showing the magnetic information recorded with high 10 Gbit/inch about two recording density, it is thought that it is reproduced by high S/Nm.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, anisotropy energy Ku-V (volume of an anisotropy energy x particle) which shows the sense easy to the predetermined direction of magnetization of the particle becomes small, so that a ferromagnetic crystal grain child's grain size is made small with the thickness of a magnetic-recording layer in this way. If this anisotropy energy Ku-V becomes small, the heat fluctuation phenomenon in which the direction of magnetization swings under the effect of heat will arise. Behavior of this heat fluctuation phenomenon is determined by the ratio to heat energy kB-T

(Boltzmann's-constant x absolute temperature) of energy Ku-V, and when taking the value which the conventional thickness and the grain size of a magnetic-recording layer of magnetic storage data medium mentioned above, that ratio becomes about 40 to 100 small value at a room temperature (T=300K). thus -- case the value of a ratio is small -- each ferromagnetic crystal grain child's magnetization -- a heat fluctuation phenomenon -- being generated -- those magnetization -- the total -- quiet -- \*\* -- in order that the magnitude of the record magnetization in a 1-bit cel may decline, there is a problem that it is difficult to hold to

stability the magnetic information which the record magnetization expresses for a long period of time.

[0009] While it is possible for this invention to record information with high recording density in view of the above-mentioned situation, and to reproduce the information by the high signal quality (high S/Nm), it aims at offering magnetic storage data medium by which reinforcement of the information currently recorded was attained.

[0010]

[Means for Solving the Problem] a magnetic-recording layer (3) of the ferromagnetism [ data medium / of this invention which attains the above-mentioned object / magnetic storage ] of nonmagnetic (1) base (2) plurality -- it is characterized by having a fragmentation layer of antiferromagnetism which intervenes among two or more of these magnetic-recording layers, and divides a magnetic-recording layer of these plurality mutually.

[0011] By magnetic storage data medium of above-mentioned this invention, since two or more magnetic-recording layers of the above (2) are divided by fragmentation layer of the above (3), every layer of those magnetic-recording layers becomes what has thickness thinner than a magnetic-recording layer when not being divided. Generally, resolution whose magnetic storage data medium is an index which shows whether magnetic information recorded on the magnetic-recording layer is reproduced by fitness to recording density of how much since width of face of a magnetization transition region of the magnetic-recording layer narrows so that a magnetic-recording layer is thin becomes high. Therefore, magnetic storage data medium of above-mentioned this invention is suitable as data medium which records information with high recording density.

[0012] By magnetic storage data medium of above-mentioned this invention, two or more ferromagnetic magnetic-recording layers of the above (2) touch a fragmentation layer of the antiferromagnetism of the above (3), and an exchange interaction works in an interface of the contact between magnetization and magnetization of a fragmentation layer of each of those magnetic-recording layers. Since the anisotropy energy  $K_u$  of a ferromagnetic crystal grain child who constitutes a magnetic-recording layer will increase seemingly if this exchange interaction exists, magnetization of these particles becomes stability to heat fluctuation. Therefore, magnetic information recorded on magnetic storage data medium of this invention is stabilized for a long period of time, and is held.

[0013] It is desirable to consist of a material which has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy while a fragmentation layer consists of a material which has body-centered cubic structure and above-mentioned magnetic storage data medium has the crystal structure with two or more above-mentioned hexagonal magnetic-recording layers of each.

[0014] A material which a material which has the hexagonal crystal structure generally has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy from the symmetric property of the crystal in many cases, and has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy has the high stacking tendency of magnetization. Moreover, generally it is easy to carry out heteroepitaxial growth of the material with the hexagonal crystal structure to a material which has body-centered cubic structure from a material which has face centered cubic structure, and the stacking tendency of magnetization becomes high with this heteroepitaxial growth. therefore, the above -- desirable magnetic storage data medium of a configuration has the high stacking tendency of magnetization. Moreover, improvement in the stacking tendency of magnetization leads to buildup of coercive force  $H_c$ , and improvement in resolution. Therefore, magnetic storage data medium with high resolution with large coercive force  $H_c$  is obtained.

[0015] Moreover, it is desirable that a magnetic-recording layer is set to Co from a ferromagnetic alloy with which one or more kinds of elements of Cr, Pt, and the Ta were added by above-mentioned magnetic storage data medium.

[0016] Co is a ferromagnetic material which has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy, and is suitable as a material of a magnetic-recording layer while it has the hexagonal crystal structure. Moreover, the holding power  $H_c$  of magnetic storage data medium becomes high by adding Pt to this Co, and a data-medium noise of magnetic storage data medium becomes small by adding Cr or Ta at Co.

[0017] Moreover, it is desirable that a fragmentation layer is set to Cr from an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were added by above-mentioned magnetic storage data medium.

[0018] It is assumed that magnetic storage data medium currently used for a current general one is used at temperature to about 60 degrees C. Also by magnetic storage data medium of this invention, in order that a fragmentation layer of the above (3) may maintain antiferromagnetism to the temperature degree at least, 400K become a rule of thumb as Neel temperature of a material which constitutes the fragmentation layer.

[0019] As mentioned above, as an operation gestalt shows, Neel temperature of the material can be adjusted to behind by using as a material of a fragmentation layer an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were added by Cr so that it may become 400K or more. Moreover, magnitude of an exchange interaction mentioned above with the adjustment also changes, and it is thought that stability over heat fluctuation of magnetic storage data medium of this invention can be increased.

[0020] Magnetic-recording data medium which has Cr system part fault hereafter set to Cr from an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were added in this way is explained.

[0021] It is desirable that it is the layer to which the fragmentation layer is set to Cr from an alloy with which Mn of concentration not more than more than 5at%80at% was added by magnetic storage data medium which has the above-mentioned Cr system part fault as a fragmentation layer.

[0022] Behind, as an operation gestalt shows, the Neel temperature exceeds 400K, and since an alloy with which Mn of the above-mentioned concentration was added by Cr is a material which stabilizes and exists, it is suitable as a material of a fragmentation layer.

[0023] Moreover, it is desirable that it is the layer to which the fragmentation layer is set to Cr from an alloy with which Ru of concentration not more than more than 2at%18at% was added by magnetic storage data medium which has the above-mentioned

Cr system part fault as a fragmentation layer.

[0024] Behind, as an operation gestalt shows, the Neel temperature exceeds 400K, and an alloy with which Ru of the above-mentioned concentration was added by Cr is suitable as a material of a fragmentation layer.

[0025] Moreover, it is desirable that it is the layer to which the fragmentation layer is set to Cr from an alloy with which Re of concentration not more than more than 2at%14at% was added by magnetic storage data medium which has the above-mentioned Cr system part fault as a fragmentation layer.

[0026] Behind, as an operation gestalt shows, the Neel temperature exceeds 400K, and an alloy with which Re of the above-mentioned concentration was added by Cr is suitable as a material of a fragmentation layer.

[0027] Moreover, it is desirable that it is the layer which the fragmentation layer turns into from an alloy with which one or more kinds of elements of Mo and the W were added further by magnetic storage data medium which has the above-mentioned Cr system part fault as a fragmentation layer.

[0028] Thus, it is adjusted by amount of W by which a gap of the fields (110) of an alloy with which one or more kinds of elements of Mo and the W were further added by Cr which constitutes the fragmentation layer was added with the added Mo by desirable magnetic storage data medium of a configuration. When two or more record layers of the above (2) consist of an alloy which makes a subject Co which is excellent as a ferromagnetic material, a gap of the above-mentioned fields is adjusted so that it may be mostly in agreement mutually [ a gap of the fields (002) of an alloy which makes the Co a subject ], and it is urged to heteroepitaxial growth between those record layer and its fragmentation layer. Therefore, this magnetic storage data medium has good orientation of magnetization, and its resolution is [ holding power  $H_c$  is also large and ] also high.

[0029] Moreover, it is desirable that it is the layer which the fragmentation layer turns into from an alloy with which one or more kinds of elements were further added among Pt and Rh by magnetic storage data medium which has the above-mentioned Cr system part fault as a fragmentation layer.

[0030] By addition of these elements, the thermal stability of magnetic storage data medium increases so that it may be later explained by operation gestalt.

[0031] Moreover, it is desirable that it is the layer which the fragmentation layer turns into from an alloy which has 400K or more Neel temperature by magnetic storage data medium which has the above-mentioned Cr system part fault as a fragmentation layer.

[0032] In an alloy which constitutes a fragmentation layer, also when adding two or more elements to Cr, it becomes magnetic storage data medium suitable for practical use by adjusting the addition so that the alloy may have 400K or more Neel temperature.

[0033] Next, magnetic storage data medium which has a substrate layer is explained. As for magnetic storage data medium of above-mentioned this invention, it is desirable to adjoin (4) bases, and to have a substrate layer which consists of at least one of antiferromagnetism layers which consist of a non-magnetic layer which consists of a material which has body-centered cubic structure, and a material which has body-centered cubic structure, and for a magnetic-recording layer of the lowest layer of two or more above-mentioned magnetic-recording layers to adjoin the substrate layer, and to come to be formed.

[0034] Magnetic storage data medium which has this substrate layer has good orientation of magnetization, in order that a magnetic-recording layer of the above (2) may carry out heteroepitaxial growth good on this substrate layer. Moreover, when this substrate layer contains an antiferromagnetism layer, and this antiferromagnetism layer touches a magnetic-recording layer of the above-mentioned lowest layer, magnetic information which was mentioned above and which was recorded on magnetic storage data medium of this invention by the same reason as a case where two or more magnetic-recording layers of the above (2) touch a fragmentation layer of the antiferromagnetism of the above (3) is stabilized for a long period of time, and is held.

[0035] By magnetic storage data medium which has the above-mentioned substrate layer, the substrate layer has the above-mentioned non-magnetic layer, and it is desirable that the non-magnetic layer is a layer which consists of a material with which Mo or W was further added in Cr including Cr.

[0036] Magnetic storage data medium which has this desirable configuration has good orientation of magnetization, and its resolution is [ holding power  $H_c$  is also large and ] also high at the same reason as a case where a fragmentation layer mentioned above consists of an alloy with which one or more kinds of elements of Mo and the W were added further.

[0037] Moreover, it is desirable that the substrate layer has the above-mentioned antiferromagnetism layer, and the antiferromagnetism layer consists of an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were further added in Cr by magnetic storage data medium which has the above-mentioned substrate layer including Cr.

[0038] By the same reason as a case where a fragmentation layer mentioned above consists of an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were added by Cr, magnetic storage data medium which has this desirable configuration can be adjusted so that it may become 400K or more about Neel temperature of that antiferromagnetism layer. Moreover, it is thought that stability over heat fluctuation of magnetic storage data medium of this invention can be increased.

[0039] A substrate layer which has an antiferromagnetism layer which consists of an alloy with which one or more kinds of elements of Mn, Ru, and the Re were further added in Cr including Cr in this way hereafter is described. An antiferromagnetism layer which a substrate layer of each magnetic storage data medium which has a desirable configuration explained below has has the same feature as a fragmentation layer with the same configuration as this antiferromagnetism layer mentioned above.

[0040] It is desirable that it is the layer which the antiferromagnetism layer turns into from an alloy with which Mn of concentration not more than more than 5at%80at% was further added in Cr including Cr by above-mentioned magnetic storage data medium which has an antiferromagnetism layer which a substrate layer turns into from the above-mentioned alloy.

[0041] Moreover, it is desirable that it is the layer which the antiferromagnetism layer turns into from an alloy with which Ru of

concentration not more than more than 2at%18at% was further added in Cr including Cr by above-mentioned magnetic storage data medium which has an antiferromagnetism layer which a substrate layer turns into from the above-mentioned alloy.

[0042] Moreover, it is desirable that it is the layer which the antiferromagnetism layer turns into from an alloy with which Re of concentration not more than more than 2at%14at% was further added in Cr including Cr by above-mentioned magnetic storage data medium which has an antiferromagnetism layer which a substrate layer turns into from the above-mentioned alloy.

[0043] Moreover, it is desirable that it is the layer which the antiferromagnetism layer turns into from an alloy with which one or more kinds of elements of Mo and the W were added further by above-mentioned magnetic storage data medium which has an antiferromagnetism layer which a substrate layer turns into from the above-mentioned alloy.

[0044] Moreover, it is desirable that it is the layer which the antiferromagnetism layer turns into from an alloy with which one or more kinds of elements were further added among Pt and Rh by above-mentioned magnetic storage data medium which has an antiferromagnetism layer which a substrate layer turns into from the above-mentioned alloy.

[0045] Moreover, it is desirable that it is the layer which the antiferromagnetism layer turns into from an alloy which has 400K or more Neel temperature by above-mentioned magnetic storage data medium which has an antiferromagnetism layer which a substrate layer turns into from the above-mentioned alloy.

[0046] As for magnetic storage data medium of above-mentioned this invention, it is desirable to have a protective layer which adjoins the maximum upper layer of the (5) magnetic-recording layers, and contains carbon.

[0047] Since a protective layer of the above (5) consists of a hard particle in the case of this magnetic storage data medium, a magnetic-recording layer of the above (2) is protected by that protective layer.

[0048] Moreover, as for magnetic storage data medium of above-mentioned this invention, it is desirable that it is what product  $B_r \cdot t$  with the total  $t$  of a residual magnetic flux density  $B_r$  and thickness of a magnetic-recording layer of a magnetic-recording layer becomes below 100 Gauss- $\mu$ m more than 20 Gauss- $\mu$ m.

[0049] Since  $B_r \cdot t$  has a value which is a 100 Gauss- $\mu$ m grade, in order to raise resolution of magnetic storage data medium, as for magnetic storage data medium currently used for the general present, it is desirable to make thinner total  $t$  of thickness of a magnetic-recording layer, and to make a value of  $B_r \cdot t$  below into 100 Gauss- $\mu$ m. Moreover, since sufficient playback output is not obtained by arm head from which a value of  $B_r \cdot t$  is used for a current general one by magnetic storage data medium below 20 Gauss- $\mu$ m, either, it is desirable for a value of  $B_r \cdot t$  to be more than 20 Gauss- $\mu$ m.

[0050] As for above-mentioned magnetic storage data medium by which two or more above-mentioned magnetic-recording layers of each consist of a material which has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy, it is desirable that the direction of a uniaxial-crystal magnetic anisotropy is what is equal to a circumferential direction of a base of the shape of the disk while the base is a disk-like base.

[0051] Generally, magnetic storage data medium is a disk-like, and the direction of a magnetic field of an arm head which records or reproduces magnetic information to the magnetic storage data medium turns to a circumferential direction of the disk. Magnetic information on the magnetic storage data medium is thermally held at stability, so that an operation gestalt may explain later and a magnetic anisotropy to a circumferential direction of a disk of magnetic storage data medium is large.

[0052]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained.

[0053] First, the configuration of magnetic storage data medium of the operation gestalt of this invention is explained the middle using drawing 2 using drawing 1.

[0054] Drawing 1 is drawing showing the cross-section structure of magnetic storage data medium of the operation gestalt of this invention.

[0055] Magnetic storage data medium m2 is constituted by the substrate 3 which supports the magnetic-recording layer 1 which bears magnetic information, the fragmentation layer 2 which divides the magnetic-recording layer 1 in the 1st magnetic-recording layer 1\_1 and the 2nd magnetic-recording layer 1\_2, and the magnetic-recording layer 1 and the fragmentation layer 2, the substrate 3, the substrate layer 4 which mediates the magnetic-recording layer 1\_1 of the above 1st, and the protective layer 5 which protects the magnetic-recording layer 1.

[0056] A substrate 3 is an aluminum/NiP disk substrate [ finishing / texture processing ] with which aluminum plating was performed to the NiP disk substrate, and is equivalent to the nonmagnetic base said to this invention. This substrate 3 is adjoined, it consists of CrMo10, the substrate layer 4 which has the thickness of 30nm is formed, and the 1st magnetic-recording layer 1\_1 is formed in the upper part of the substrate layer 4. In addition, all presentations of the matter are expressed with at%.

[0057] It is only that the 2nd magnetic-recording layer 1\_2 and location differ from each other, and the 1st magnetic-recording layer 1\_1 is completely the same about the thickness of a layer, and its construction material. These layers have 10nm and thin thickness, and it consists of a polycrystal material of the CoCrPtTa alloy (Co68Cr20Pt10Ta2) which has the hexagonal structure which shows ferromagnetism. Those crystal grain children's magnetization has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy towards each crystal (001). Each of the crystal grain child is formed so that the direction of the uniaxial-crystal magnetic anisotropy may be mostly equal to the circumferential direction of the disk substrate 3 of the above. Its orientation of magnetization is good, since this ferromagnetic CoCrPtTa alloy has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy as mentioned above, since holding power  $H_c$  is high, resolution is high [ an alloy ], and it is high-density, and suitable as a material of the magnetic-recording layer of magnetic storage data medium by which magnetic information is recorded.

[0058] The fragmentation layer 2 is adjoined and formed in the upper part of this 1st magnetic-recording layer 1\_1, the upper part of the fragmentation layer 2 is adjoined and the 2nd magnetic-recording layer 1\_2 is formed. The fragmentation layer 2 has the thickness of 5nm, and consists of CrMn30 which is the antiferromagnetism material of body-centered cubic structure. This

CrMn30 has about 800K high Neel temperature. With this operation gestalt, since not mere non-magnetic materials, such as Cr, but an antiferromagnetism material called CrMn30 is adopted as a material of the fragmentation layer 2, magnetization of an interface with the 1st magnetic-recording layer 1\_1 or the 2nd magnetic-recording layer 1\_2 does an exchange interaction mutually between magnetization of the interface of the fragmentation layer 2 which adjoins on both sides of this magnetization and its interface.

[0059] The material of the alloy which made Cr the subject is adopted in the fragmentation layer 2 and the substrate layer 4. Generally, the orientation of magnetization of the magnetic-recording layer which the way which used the material of body-centered cubic structure adjoins a substrate layer, and is formed becomes good, and it is the same as that of a substrate layer also about a fragmentation layer than the material of face centered cubic structure. Drawing 2 explains the crystal structure of these layers.

[0060] Drawing 2 is drawing showing the crystal structure of the material which constitutes a substrate layer, and the crystal structure of the material which constitutes a magnetic-recording layer.

[0061] The hexagonal unit cell 6 of the CoCrPtTa alloy which constitutes the 1st magnetic-recording layer 1\_1 in the upper part of drawing is expressed with drawing 2, and the crystal structure of the cubic substrate 7 which consists of CrMo10 of the body-centered cubic structure which constitutes the substrate layer 4 is expressed with the lower part of drawing. Here, the portion to which the cube showing the unit cell of body-centered cubic structure is located in a line with the flat surface of a layer by vertical 3x side 3 is extracted as the crystal structure of the cubic substrate 7 from the interface which touches the 1st magnetic-recording layer of the substrate layer 4. Elongation and a field vertical to the flat surface of a layer express the field (110) 8 of this crystal structure in the direction of the diagonal line of the upper surface of this cube.

[0062] Moreover, the hexagonal unit cell 6 has the configuration of a hexagonal prism. The shaft vertical to both the bases of that hexagonal prism expressed the c axis 9 of this hexagonal structure, and c axis 9 has turned to the direction of the one diagonal line of the upper surface of the cube which is the flat-surface inboard of a layer and appears in the cubic substrate 7. The crystal of a CoCrPtTa alloy has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy in the direction of this c axis 9.

[0063] Both the bases of the above-mentioned hexagonal prism express the field (001) 10 of this hexagonal structure. The field which has the spacing of the one half of the spacing of this (001) field is a field (002) 11, and this (002) field 11 is parallel to both the above-mentioned bases and both these bases, and is expressed by the field of both these bases exactly located in the medium. a turning-to [ these (002) fields 11 ]-direction with cubic substrate layer 7 (110) side -- parallel -- further -- the spacing of a field (002) 11 -- about [ the spacing of the field (110) of the cubic substrate 7, and ] -- I am doing one. Therefore, heteroepitaxial growth of the CoCrPtTa alloy of hexagonal structure is carried out by the interface of the upper part of the substrate layer 4 which consists of CrMo10 of body-centered cubic structure. As stated previously, c axis 9 turns to the flat-surface inboard of a layer for the CoCrPtTa alloy of hexagonal structure carrying out heteroepitaxial growth in this way in fact, and, thereby, orientation of the magnetization of the 1st magnetic-recording layer 1\_1 is carried out to the flat-surface inboard of a layer.

[0064] Furthermore, if the 1st magnetic-recording layer 1\_1 carries out heteroepitaxial growth by the interface of the upper part of the substrate layer 4, in order that the fragmentation layer 2 which consists of CrMn30 on the 1st magnetic-recording layer 1\_1, and the 2nd magnetic-recording layer 1\_2 which consists of a CoCrPtTa alloy on the fragmentation layer 2 may carry out heteroepitaxial growth similarly, orientation also of the magnetization of the 2nd magnetic-recording layer 1\_2 is carried out good into the field of a layer. Thus, since orientation is carried out good into a field, the holding power Hc of the magnetic-recording layer 1 also has high magnetization of both the layers of the magnetic-recording layer 1. This holding power Hc is high, and since each layer of the magnetic-recording layer 1 mentioned above is thin, magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt has high resolution.

[0065] in addition, the fragmentation layer 2 and the substrate layer 4 -- one or more kinds of elements of Mo and the W may be added by each alloy which makes a subject Cr which constitutes each, and the spacing of the field (110) of the alloy is adjusted by the addition. The epitaxial growth in the interface of the fragmentation layer 2 and the substrate layer 4, and the magnetic-recording layer 1 will become good further, and the holding power Hc of the magnetic-recording layer 1 will be heightened by this accommodation.

[0066] In order to protect each class described until now, the protective layer 5 which consists of a meeting of the hard particle which adjoins the upper part of the 2nd magnetic-recording layer 1\_2, and consists of carbon with a thickness of 8nm is formed. A protective layer 5 prevents breakage on each class including the magnetic-recording layer 1 which occurs when the floatation arm head which reads the magnetic information currently recorded on both the magnetic-recording layer contacts this magnetic storage data medium without it.

[0067] Magnetic storage data medium m2 which has a configuration which was described above was manufactured by the DC magnetron sputtering method. After preparing the above-mentioned aluminum/NiP disk substrate washed well on the occasion of the manufacture and exhausting the degree of vacuum of a film production room to  $1.0 \times 10^{-7}$  or less Torrs, Ar gas was introduced, 5mTorr(s) were maintained and the temperature of the substrate was heated at 220 degrees C. Then, film production of each class mentioned above was advanced one by one on the non-bias.

[0068] Magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt which has the feature on the configuration of holding power Hc and resolution being high as mentioned above, and being divided by the fragmentation layer 2 which the magnetic recording layer 1 turns into from an antiferromagnetism material explains that the magnetic information currently recorded on the magnetic recording layer 1 is thermally stable. The measurement result of S/Nm at the time of reproducing the measurement result and its magnetic information on the stability over the heat fluctuation of the magnetic information is shown in a table 1. As a

comparative object, only the fragmentation layer 2 also shows the result which receives conventional magnetic storage data medium m1 which it comes to replace in the fragmentation layer 2 and the layer which consists of the nonmagnetic Cr with the same thickness in a table 1 from magnetic storage data medium m2. This magnetic storage data medium m1 was manufactured except for the material of a fragmentation layer being Cr in the manufacture procedure of magnetic storage data medium m2, and the same procedure under the same manufacture conditions as the manufacture conditions of magnetic storage data medium m2.

[0069]

[A table 1]

媒体	$T_{90}$ ( $H_r = 0 \text{ Oe}$ )	$T_{90}$ ( $H_r = 400 \text{ Oe}$ )	$S_{iso}/N_m$
m1	$8.0 \times 10^{11}$ 年	$\sim 1$ 年	30.1 dB
m2	$8.4 \times 10^{14}$ 年	$\sim 2 \times 10^1$ 年	30.2 dB

[0070] Conventional magnetic storage data medium m1 and magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt are shown in the leftmost column of a table 1 as the measuring object. The thickness of the 1st magnetic-recording layer 1\_1 of both data medium of m1 and m2 and the 2nd magnetic-recording layer 1\_2 is the same respectively, and Br-t of the magnetic-recording layer 1 which consists of those layers is 70Gauss-mum by any data medium. T90 of the maximum upper case of a table 1 is time amount until the magnitude of the residual magnetization Mr of data medium decreases in 300K in 90% of the magnitude of the magnetization in early stages of measurement, and expresses the life of the magnetic information currently recorded on magnetization of data medium, and data medium. With the magnetization currently recorded on the magnetic-recording layer 1, time amount change of the residual magnetization Mr of both data medium of the above m1 and m2 was measured by SQUID (Superconductive Quantum Interference Device), when the case where there is no reverse impression magnetic field Hr added to hard flow, and Hr(s) were 400Oe(s). From time amount change of the measured residual magnetization Mr, it decided on the time amount T90 of both data medium of m1 and m2. A ratio with the data-medium noise Nm at the time of reproducing the magnetic information recorded with the output signal reinforcement Siso at the time of reproducing the magnetic information on a solitary-wave condition with the low track recording density near the 0kFCI and the track recording density of 160kFCI is expressed Siso of maximum upper case of table 1/Nm. And the numeric character of six columns surrounded by the maximum upper case and its leftmost column expresses each measured value.

[0071] About T90, when he had no reverse impression magnetic field ( $H_r=0\text{Oe}$ ), T90 of magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt divided with the alloy of antiferromagnetism became  $8.4 \times 10^{14}$  and time amount longer about 1000 times than T90 of magnetic storage data medium m1 to T90 of magnetic storage data medium m1 divided by nonmagnetic Cr having been  $8.0 \times 10^{11}$  years. Moreover, also when the reverse impression magnetic field Hr of 400Oe was added, T90 of magnetic storage data medium m2 were longer than T90 of magnetic storage data medium m1, and T90 of magnetic storage data medium m2 became the 200 times as many time amount about in  $2 \times 10^2$  as this to T90 of magnetic storage data medium m1 having been about one year and short time amount.

[0072] In magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt by which this reason was divided with the alloy of antiferromagnetism Since an exchange interaction works mutually between magnetization of each magnetic-recording layer which shows ferromagnetism, and magnetization of the interface of the fragmentation layer 2 of antiferromagnetism which adjoins this magnetization The anisotropy energy Ku of the ferromagnetic crystal grain child who constitutes the magnetic-recording layer 1 is because it increases seemingly, therefore the direction of the ferromagnetic crystal grain child's magnetization is stabilized.

[0073] Moreover, both data medium of conventional magnetic storage data medium m1 and magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt showed high Siso/Nm, such as 30.1dB and 30.2dB, respectively. Thus, also when the alloy of antiferromagnetism is used as a material of the fragmentation layer of magnetic storage data medium, it is maintained at a high value Siso of magnetic storage data medium/Nm.

[0074] In addition, although Br-t was a 70 Gauss-mu m grade, it is desirable [ magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt ] that it is a value below 100 Gauss-mu m near the value of Br-t of magnetic storage data medium currently used for a current general one in order to obtain resolution with the high value of Br-t in this invention. Moreover, since sufficient playback output is not obtained by the arm head from which the value of Br-t is used for a current general one by magnetic storage data medium below 20 Gauss-mu m, either, it is desirable that the value of Br-t is more than 20 Gauss-mu m.

[0075] Thus, magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt which has the fragmentation layer 2 which consists of an antiferromagnetism material as a fragmentation layer While high Siso [ comparable as conventional magnetic storage data medium m1 which has the fragmentation layer which consists of nonmagnetic Cr ]/Nm was shown, having the stability over the heat fluctuation with the magnetic information far higher than the magnetic information memorized by conventional magnetic storage data medium m1 memorized there was checked.

[0076] By magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt, although CrMn30 was adopted as the fragmentation layer 2, the material which can be used for the fragmentation layer 2 besides CrMn30 exists. In order to adopt those materials as a fragmentation layer 2 It is required for those materials to function as a fragmentation layer 2 at the temperature of about 60 degrees C or more magnetic storage data medium currently used by the present usual state in Japan is guaranteed to be on the occasion of the record playback and storage. The sake, It is desirable to take moderate additional coverage from the temperature, and to have the Neel temperature more than 400K (about 130 degrees C). Hereafter, the presentation of three kinds of alloys which serve as a candidate of the material of the fragmentation layer 2 with drawing 3, and the Neel temperature of those alloys are explained.



[0077] Drawing 3 is a graph which shows the change of the Neel temperature of the alloy to the addition concentration of the added element in each alloy with which each element of Mn, Ru, and Re was added by Cr.

[0078] A horizontal axis expresses each addition concentration of the addition concentration of Mn in a CrMn alloy, Ru addition concentration in a CrRu alloy, and Re addition concentration in a CrRe alloy with at%. An axis of ordinate expresses the Neel temperature of each alloy of a CrMn alloy, a CrRu alloy, and a CrRe alloy per K.

[0079] Each alloy is equivalent to Cr of a simple substance, when addition concentration is zero. In this case, as shown in the point a0 in drawing, Neel temperature is 300K of a room temperature mostly. Therefore, Cr is stabilized at a room temperature and does not serve as antiferromagnetism. Moreover, since the magnitude of the exchange interaction committed among magnetization is small so that it may think from the low Neel temperature even if Cr serves as antiferromagnetism, Cr does not contribute to the reinforcement of the magnetic information currently recorded on magnetization of the magnetic-recording layer 1, and the magnetic-recording layer 1 as a material of the fragmentation layer 2.

[0080] A continuous line a1 shows signs that the Neel temperature of a CrMn alloy changes to the addition concentration of Mn. As shown in this continuous line a1, the Neel temperature of a CrMn alloy increases in monotone as the addition concentration of Mn increases from 0at% to 20at(s)%, and is saturated with a high temperature of 800K in about [ 20at% ] addition concentration. Moreover, a continuous line a2 shows signs that the Neel temperature of a CrRu alloy changes to the addition concentration of Ru. As shown in this continuous line a2, after the Neel temperature of a CrRu alloy increases in monotone as the addition concentration of Ru increases from 0at% to about 8at%, it has a peak near 8at% and turns into a high temperature exceeding 500K. Then, if the addition concentration of Ru increases beyond about 8at%, the Neel temperature will decrease in monotone. Moreover, a continuous line a3 shows signs that the Neel temperature of a CrRe alloy changes to the addition concentration of Re. As shown in this continuous line a3, after the Neel temperature of a CrRe alloy increases in monotone as the addition concentration of Re increases from 0at% to about 3at%, it has a peak near 3at% and turns into a high temperature of 600K. Then, if the addition concentration of Re increases beyond about 3at%, the Neel temperature will decrease in monotone.

[0081] as mentioned above -- if it is Mn, Ru, or Re -- Cr -- several -- at% -- the Neel temperature of Cr improves or more [ 200 ] by K only by being added. And in order to have the Neel temperature to which each alloy of a CrMn alloy, a CrRu alloy, and a CrRe alloy exceeds 400K, what is necessary is just the alloy which has the addition concentration of Mn beyond 5at%, the addition concentration of Ru not more than more than 2at%18%, and the addition concentration of Re not more than more than 2at%14%, respectively. In addition, as for the addition concentration of Mn of a CrMn alloy, it is desirable to make into a maximum 80% formed in stability as an alloy of body-centered cubic structure of a spatter. The fragmentation layers of magnetic storage data medium of this invention may be either the CrMn alloy which has the addition concentration within the limits which responded to the alloy of each above in addition to CrMn30 of the material which constitutes the fragmentation layer 2 of magnetic storage data medium m2 of the operation gestalt mentioned above, a CrRu alloy and a CrRe alloy. In addition, refer to the "magnetic-substance handbook" (edit besides \*\*\*\*\*, Showa 50, \*\*\*\*\*, first edition) for the data of the graph of drawing 3.

[0082] Next, Siso [ at the time of reproducing the magnetic information which was mentioned above and which is recorded there ]/Nm is large, and the magnetic information by which the magnetic information is recorded there to heat fluctuation when stable magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt changes the configuration of the one portion becomes stability to heat fluctuation further. Hereafter, some configurations which make such magnetic information stability further to heat fluctuation are explained in order.

[0083] First, by adopting an antiferromagnetism material instead of nonmagnetic CrMo10 as a material of the substrate layer 4 explains that the stability over the heat fluctuation of magnetic information increases further.

[0084] A table 2 is a table showing the measurement result of T90 in three kinds of data medium in case there is no reverse impression magnetic field Hr temperature 300K.

[0085]

[A table 2]

媒体	T <sub>90</sub> (H <sub>r</sub> = 0 O e)
m 3	~ 1 0 <sup>11</sup> 年
m 4	~ 1 0 <sup>11</sup> 年
m 5	~ 1 0 <sup>11</sup> 年

[0086] The class of measured data medium is shown in the column on the left of a table 2. One of those data medium adjoins an aluminum/NiP disk substrate [ finishing / texture processing ]. The substrate layer which has the thickness of 25nm it is thin from nonmagnetic CrMo10 is formed. It is data medium m3 by which the magnetic-recording layer of the monolayer which has the thickness of 25nm it is thin from Co72Cr19Pt5Ta2Nb2 was formed in the upper part of the substrate layer, and the protective layer with a thickness of 8nm it is thin from carbon was further formed in the upper part of the magnetic-recording layer. As for two remaining data medium, the thickness of the substrate layer only the substrate layer of data medium m3 to data medium m3. Moreover, with 25nm, It is data medium m5 by which the thickness of the substrate layer transposed only the substrate layer of data medium m3 to data medium m4 replaced with the substrate layer which consists of CrMn40 which is an antiferromagnetism material, and data medium m3 to the substrate layer which consists of CrMn40Pt5 of an antiferromagnetism material with 25nm. magnetic storage data medium m2 of the operation gestalt which mentioned these data medium above -- the same -- the manufacture conditions of magnetic storage data medium m2 -- the same -- under the partial pressure of gas in a film production room, and the temperature of a substrate, film production of each class of each data medium was advanced on the non-bias by the



DC magnetron sputtering method, and it was manufactured.

[0087] T90 in each data medium of a left column is shown in the column on the right of a table 2. Such time amount T90 did not have the reverse impression magnetic field  $H_r$ , is the conditions which are temperature 300K, and was found by measuring time amount change of the residual magnetization  $M_r$  of each data medium by SQUID.

[0088] T90 will become long about 1010 times with about 1029 to having been about 1019 years by magnetic storage data medium m4 which has the substrate layer which consists of CrMn40 of an antiferromagnetism material by magnetic storage data medium m3 which has the substrate layer which consists of nonmagnetic CrMo10. It is thought that this it is reasonable in an exchange interaction working mutually like the case where an antiferromagnetism material is used for a fragmentation layer, between magnetization of the magnetic-recording layer which shows ferromagnetism, and magnetization of the interface of the layer of antiferromagnetism which adjoins this magnetization.

[0089] Moreover, by magnetic storage data medium m5 which has the substrate layer of the antiferromagnetism which consists of CrMn40Pt5 containing Pt, T90 becomes long about further 107 times from T90 of about 1036 and data medium m4. Although it is raised that Pt element which dissolved in the grid of a CrMn alloy polarizes by the internal magnetic field as this factor, about that detailed device, it is not clear. This polarization is known also in Ru element and Rh element, and can expect buildup of T90 also by addition of either Ru and Rh. Moreover, it is thought by addition of Pt, Ru, and Rh which mentioned above Cr(s) other than a CrMn alloy also to the alloy made into a subject that T90 increases.

[0090] Thus, it sets to magnetic storage data medium m2 of this operation gestalt which has the fragmentation layer of antiferromagnetism. Since magnetization of the magnetic-recording layer 1 does an exchange interaction mutually also between magnetization of the substrate layer by replacing the substrate layer 4 which consists of CrMo10 in the substrate layer of antiferromagnetism in addition to the exchange interaction between magnetization of the fragmentation layer 2 Magnetic storage data medium which it comes to transpose to the substrate layer is considered to be long data medium of T90 which is stabilized further thermally and memorizes magnetic information rather than magnetic storage data medium m2.

[0091] As for the material of the substrate layer of this antiferromagnetism, it is desirable like the material of the fragmentation layer 2 to have 400K or more Neel temperature, and, specifically, the CrMn alloy which has the addition concentration of Mn not more than more than 5at%80%, the CrRu alloy which has the addition concentration of Ru not more than more than 2at%18%, the CrRe alloy which has the addition concentration of Re not more than more than 2at%14at% are raised as a candidate. Moreover, one or more kinds of elements of Mo and the W may be further added by those materials of this substrate layer, and the spacing of the field (110) of the alloy which serves as that material by that addition is adjusted. Moreover, Pt may be further added by those materials of this substrate layer, and as a table 2 explained by this addition of Pt, it is thought that T90 becomes long, data medium containing that substrate layer is stabilized for a long period of time, and magnetic information is memorized. Moreover, it is thought that it may be added by the fragmentation layer 2, and T90 becomes long, and data medium containing the fragmentation layer by which Pt was added is also further stabilized by Pt for a long period of time, and it memorizes magnetic information.

[0092] Although the antiferromagnetism material is excellent as a material of a substrate layer since T90 is long as for magnetic storage data medium which has the substrate layer which consists of an antiferromagnetism material mentioned above, about crystallinity, the direction of other nonmagnetic materials may be excellent. In such a case, by placing the substrate layer which consists of a nonmagnetic material which has the body-centered cubic structure same as a substrate of the substrate layer of the antiferromagnetism, and making a substrate layer two-layer, the heteroepitaxial growth of the layer which the crystallinity of the antiferromagnetism material becomes better and becomes from the antiferromagnetism material, and a magnetic-recording layer is promoted, and the holding power  $H_c$  of magnetic storage data medium is improved. As a material of the nonmagnetic substrate layer described here, Cr system alloy of body-centered cubic structure is suitable.

[0093] Next, by enlarging the magnetic anisotropy of the magnetic-recording layer 1 explains that the stability over the heat fluctuation of the magnetic information memorized by magnetic storage data medium m2 increases further.

[0094] Drawing 4 is a graph to the orientation ratio (OR) of magnetization of a magnetic-recording layer which shows the simulation result of change of T90.

[0095] This simulation was a micro magnetic simulation which used the Monte Carlo method together, the situation of the thermal relaxation of magnetization in the 1-bit field of the magnetic-recording layer of a monolayer was investigated by this simulation based on the anisotropy energy in various coordination which each magnetization of each ferromagnetic crystal grain child in that field takes, the Zeeman energy, static magnetism energy, and the energy by the exchange interaction, and the magnetization T90 in that 1-bit field was calculated.

[0096] a ratio with the holding power  $H_{cr}$  at the time of impressing and measuring a magnetic field with OR in the head transit direction of [ at the time of generally impressing and measuring a magnetic field to the circumferencial direction of a disk substrate ], i.e., holding power  $H_{cc}$  and the direction of a path, -- it is  $H_{cc}/H_{cr}$  and often becomes the error criterion of a magnetic anisotropy.

[0097] The horizontal axis of a graph expresses the thickness of a magnetic-recording layer per nm. The thickness of a magnetic-recording layer is equivalent to each ferromagnetic crystal grain child's height in this simulation. an axis of ordinate -- T90 of magnetization of this magnetic-recording layer -- a logarithm -- it expresses with a scale. As the white round head b1 showed, in the case of OR=1.0, T90 of magnetization of the magnetic-recording layer whose thickness is 10nm became with 104 seconds. In addition, in this magnetic-recording layer, thickness is 10nm and the value of  $(KuV)/(kBT)$  is 42.2. In the graph of this drawing 4, since the value of  $Ku/(kBT)$  is always fixed and the area in each ferromagnetic crystal grain child's stratification plane is fixed, the value of  $(KuV)/(kBT)$  is proportional to the thickness which a horizontal axis expresses.

[0098] As for the continuous line which passes along the white round head b1, OR of magnetization of a magnetic-recording layer expresses that it is 1.0. the white round head b2 and the white round head b3 on this continuous line, the white round head b4, and the white round head b5 -- by those thickness, when the thickness of a magnetic-recording layer is 15nm, 20nm, 25nm, and 30nm, respectively, as each shows (KuV)/(kBT) of the ferromagnetic crystal grain child in a magnetic-recording layer takes the value of 63.2, 84.3, 105.4, and 126.45, respectively. T90 of the magnetization of a magnetic-recording layer which has a ferromagnetic crystal grain child with those values was 1010 seconds, 1015 seconds, 1020 seconds, and 1026 seconds about, respectively. Thus, when OR of magnetization of a magnetic-recording layer was fixed, while the value of (KuV)/(kBT) of the ferromagnetic crystal grain child in a magnetic-recording layer increased, T90 of magnetization of a magnetic-recording layer became long exponentially.

[0099] Next, in order to explain the change of T90 by change of this OR, its attention is paid when magnetic-recording layer thickness is 20nm. In this case, the value of (KuV)/(kBT) was as fixed as 84.3 and Br-t was a value about 80 Gauss-mu m. the case where thickness is 20nm -- the white rectangular head b31, the white rectangular head b32, the white rectangular head b33, the white rectangular head b34, and the white rectangular head b35, as each shows When OR of magnetization of a magnetic-recording layer takes the value of 0.86, and 1.00, 1.06, 1.16 and 1.36, respectively, T90 of the magnetization of a magnetic-recording layer which has a ferromagnetic crystal grain child with those values was 1013 seconds, 1015 seconds, 1018 seconds, 1022 seconds, and 1031 seconds about, respectively.

[0100] Thus, if 0.1 \*\*\*\*s of OR were carried out for the index of the magnetic anisotropy of magnetization of a magnetic-recording layer in data medium whose Br-t is a 80 Gauss-mu m grade, T90 of magnetization of a magnetic-recording layer will have improved greatly with 104 to 105 times. Moreover, the dashed line passing through each white rectangular head of the white rectangular head b31 - the white rectangular head b35 expresses the situation of the change of T90 when changing the thickness of a magnetic-recording layer with the same OR as OR of those white rectangular heads. It is not based on the thickness but it turns out with improvement in OR that T90 improves greatly.

[0101] It was checked that the magnetic information on that magnetic storage data medium expressed by T90 is held for a long period of time at stability, so that the magnetic anisotropy to the circumferencial direction of a disk expressed with the magnitude of OR of magnetic storage data medium was larger than the result of this simulation.

[0102]

[Effect of the Invention] As explained above, while it is possible to record information with high recording density, and to reproduce the information by the high signal quality (high S/Nm) according to this invention, magnetic storage data medium by which informational reinforcement was attained can be offered by increasing the stability over the heat fluctuation of the information.

---

[Translation done.]